

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa data

4.1.1. Analisa data kualitas air pada Sungai Code Hulu

a. Hasil pengujian laboratorium

Kualitas air pada Sungai Code Hulu diuji di Laboratorium BBTKL PP Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampel air Sungai Code diambil dari lapangan pada tanggal 26 maret 2019, kemudian sampel air dikirim ke Laboratorium BBTKL PP DIY untuk diuji kualitas airnya. Hasil pengujian keluar pada tanggal 18 April 2019, dengan hasil disajikan dalam bentuk tabel, pada tabel diketahui setiap pengujian parameter sampel air mengacu pada sebuah peraturan atau standar tertentu.

Pengujian kualitas air untuk air sungai di Yogyakarta mengacu pada Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No.20 tahun 2008 tentang baku mutu air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Parameter pengujian dibagi sesuai dengan standar kelas sungai. Pada penelitian ini, standar kelas sungai yang dipakai adalah kelas I dengan jumlah keseluruhan parameter baku mutu air adalah 37 parameter, namun parameter yang dipakai dalam penelitian hanya 9 parameter baku mutu air, sesuai dengan standar parameter yang digunakan oleh analisis kualitas air metode NSF-WQI.

Hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan nilai dari setiap parameter baku mutu air, untuk mendapatkan kesimpulan dari setiap parameter. Kemudian hasil pengujian dianalisis lebih lanjut menggunakan metode indeks pencemar KMNLH No.115 th 2003 dan metode NSF WQI untuk mendapatkan status mutu air sungai. Hasil pengujian kualitas air pada Sungai Code Hulu untuk setiap piasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.1 Kualitas air pada Sungai Code Jembatan Kamdanen (BBTKL PP DIY
18 April 2019)

No	Parameter	Satuan	Hasil uji	Metode uji
1	Temperatur	(°c)	27	SNI 06-6989.23-2005
2	Kekeruhan	NTU	1,4	SNI 06-6989.25-2005
3	DO	mg/L	7,6	APHA 2012,section 4500-OG
4	BOD	mg/L	0,2	SNI 6989.72-2009
5	pH		7,9	SNI 6989.11-2004
6	TDS	mg/L	89	In house Methode
7	Total Fosfat	mg/L	0,194	APHA 2012,Section 4500 P-D
8	Nitrat	mg/L	3,87	APHA 2012, Section 4500 - NO3B
9	Fecal Coliform	mg/L	46.10 ³	APHA 2012,9221-E

Tabel 4.2 Kualitas air Sungai Code pada Jembatan Plemburan Sedan (BBTKL PP
DIY 18 April 2019)

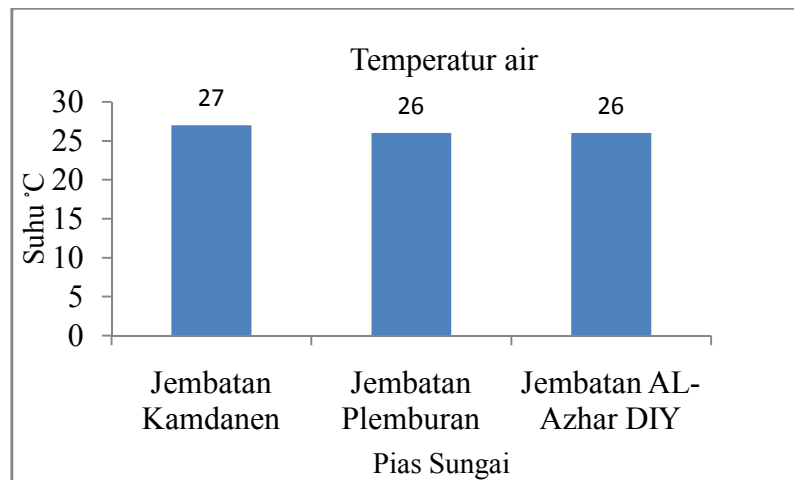
No	Parameter	Satuan	Hasil uji	Metode uji
1	Temperatur	(°c)	26	SNI 06-6989.23-2005
2	Kekeruhan	NTU	2	SNI 06-6989.25-2005
3	DO	mg/L	7,4	APHA 2012,section 4500-OG
4	BOD	mg/L	5,7	SNI 6989.72-2009
5	pH		7,8	SNI 6989.11-2004
6	TDS	mg/L	109	In house Methode
7	Total Fosfat	mg/L	0,234	APHA 2012,Section 4500 P-D
8	Nitrat	mg/L	5,56	APHA 2012, Section 4500 - NO3B
9	Fecal Coliform	mg/L	240.10 ⁵	APHA 2012,9221-E

Tabel 4.3 Kualitas air Sungai Code pada Jembatan Ringroad Al-Azhar (BBTKL
PP DIY 18 April 2019)

No	Parameter	Satuan	Hasil uji	Metode uji
1	Temperatur	(°c)	26	SNI 06-6989.23-2005
2	Kekeruhan	NTU	2	SNI 06-6989.25-2005
3	DO	mg/L	7,4	APHA 2012,section 4500-OG
4	BOD	mg/L	0,3	SNI 6989.72-2009
5	pH		7,8	SNI 6989.11-2004
6	TDS	mg/L	115	In house Methode
7	Total Fosfat	mg/L	0,398	APHA 2012,Section 4500 P-D
8	Nitrat	mg/L	6,73	APHA 2012, Section 4500 - NO3B
9	Fecal Coliform	mg/L	46.10 ⁵	APHA 2012,9221-E

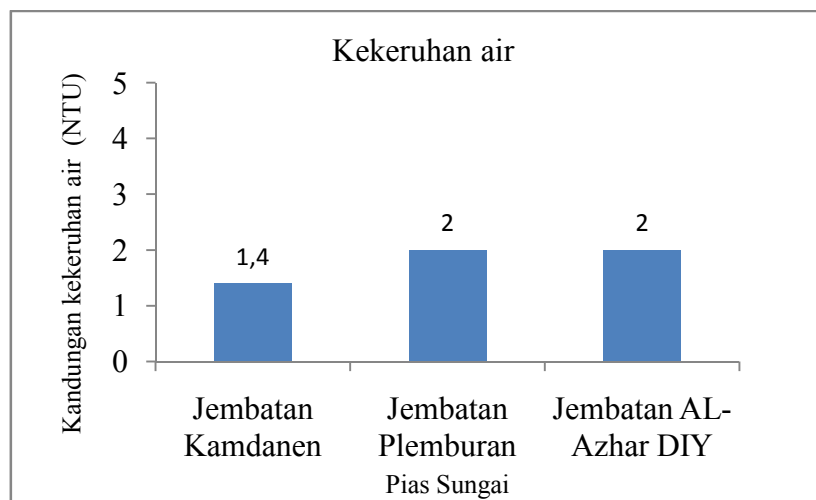
Hasil pengujian kemudian disajikan ke dalam diagram, dan dibandingkan dengan parameter baku mutu air PER.GUB DIY No.20 tahun 2008 (Tabel 2.2),

sehingga diketahui perbandingan tiap parameter di beberapa titik. Pembahasan kualitas air untuk setiap parameter sebagai berikut :



Gambar 4.1 Diagram temperatur air pada Sungai Code Hulu

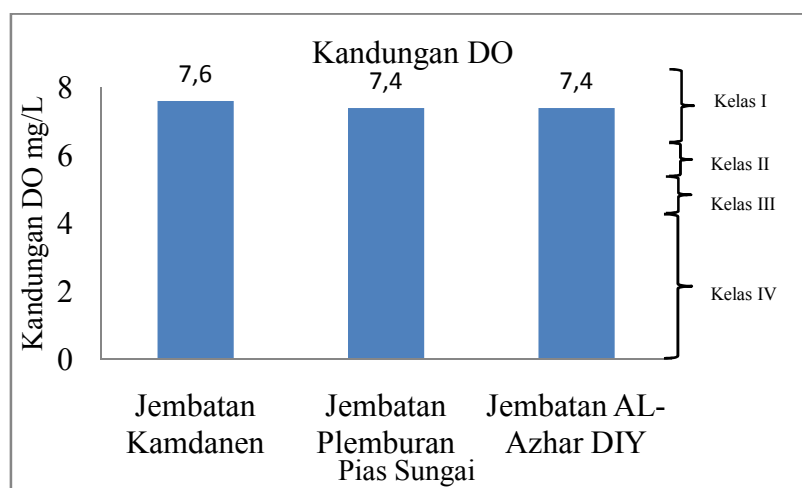
Nilai parameter baku mutu air untuk temperatur adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu udara. Menurut PERMENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010, air yang baik adalah air yang suhu airnya kurang lebih sama dengan suhu udara di sekitarnya. Dari Gambar 4.1 temperatur air pada Sungai Code berada pada suhu normal, tidak terlalu dingin atau panas, karena cuaca pada tanggal 26 Maret 2019 saat pengambilan air, cuaca sedikit mendung dan tidak terlalu panas, maka dari itu air dalam kondisi baik.



Gambar 4.2 Diagram kekeruhan air pada Sungai Code Hulu

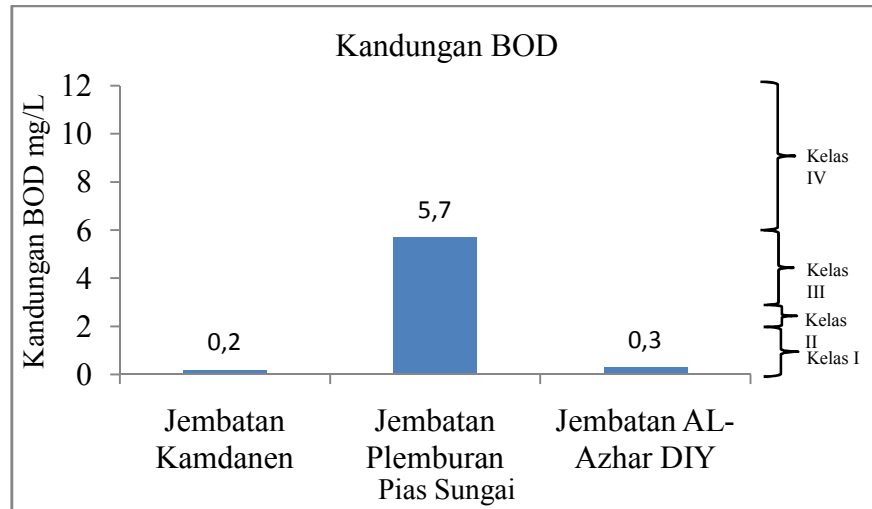
Nilai parameter baku mutu air untuk kekeruhan air adalah 5 NTU untuk kelas I, jika nilai lebih dari angka 5-25 NTU, maka dapat disimpulkan sungai

dalam keadaan keruh, Effendi dkk. (2015) menjelaskan bahwa kekeruhan berasal dari material suspensi atau melayang pada sungai seperti lumpur, pasir, kandungan organik/anorganik dan lainnya. Sungai yang keruh tidak dianjurkan peruntukannya sebagai air minum atau air bersih. Menurut PERMENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 air yang baik adalah air yang jernih, tidak berasa dan tidak berbau. Dari Gambar 4.2 nilai kekeruhan air setiap pias sungai pada Sungai Code Hulu berada di bawah 5 NTU, maka dapat disimpulkan air sungai berada dalam keadaan jernih, jika dibandingkan dengan pengelihatannya secara langsung di lapangan, air tidak terlalu keruh, maka air pada pias Sungai Code Hulu masih dapat dipakai untuk keperluan air bersih, perikanan atau pengairan irigasi.



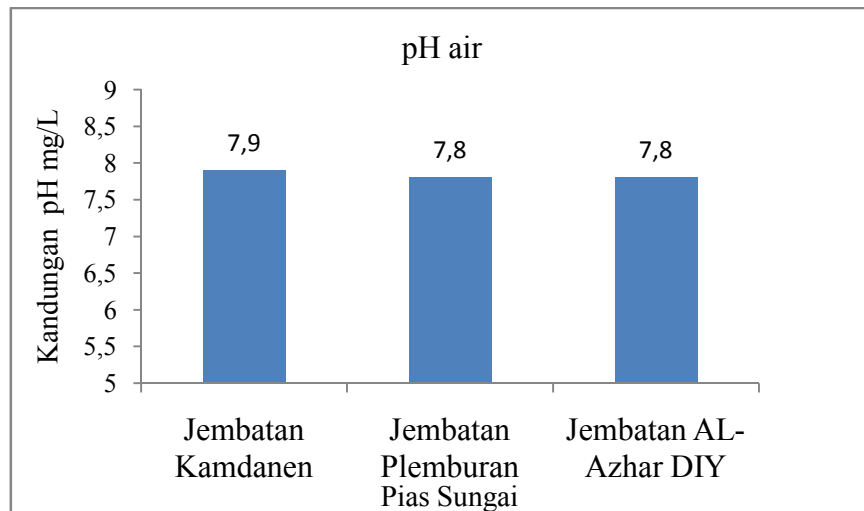
Gambar 4.3 Diagram kandungan DO pada Sungai Code Hulu

DO atau *Dissolve Oxygen* merupakan jumlah terlarut oksigen di dalam air, semakin tinggi nilai DO maka jumlah oksigen di dalam air besar, makhluk hidup yang tinggal di di dalam air tentu sangat membutuhkan oksigen untuk hidup. Sebaliknya semakin rendah nilai DO maka kadar oksigen terlarut dalam air sedikit, dan memberikan dampak pada makhluk hidup atau biota dalam air seperti kematian. Dari Gambar 4.3, nilai kandungan DO pada Sungai Code Hulu rata-rata lebih dari 6 mg/L, maka jumlah oksigen terlarut dalam air baik.



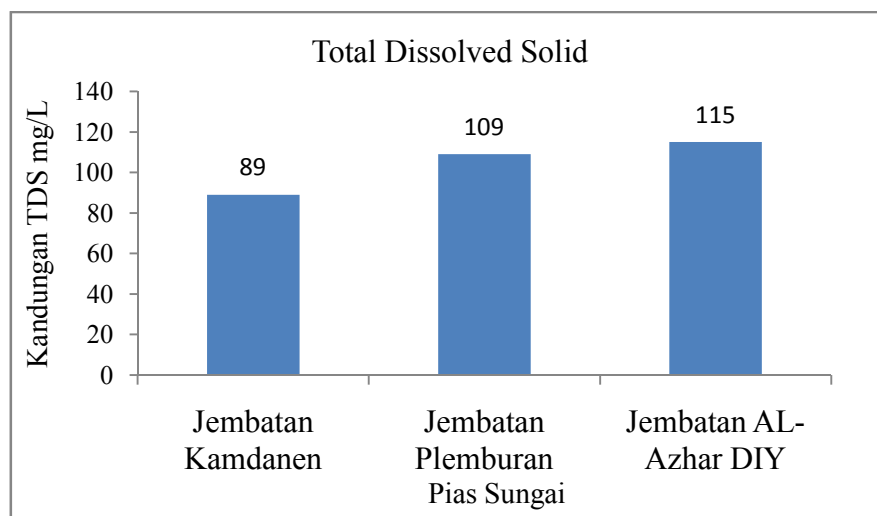
Gambar 4.4 Diagram kandungan BOD pada Sungai Code Hulu

Kebalikan dari DO kandungan BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah jumlah kandungan oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik terlarut dalam air, semakin tinggi nilai BOD maka semakin rendah jumlah oksigen terlarut dalam air. Oksigen dalam air akan dipakai oleh bakteri untuk menguraikan zat organik dalam air. Pada Gambar 4.4, kandungan BOD pada Pias Sungai Code Hulu berada di bawah 2 mg/L untuk pias Jembatan Kamdanen dan Jembatan Al-Azhar, sedangkan pada pias Jembatan Plemburan nilai kandungan BOD sebesar 5,7. Hal ini disebabkan karena pada pias Jembatan Plemburan terdapat wilayah padat penduduk dan kawasan ternak ayam, sehingga dapat mempengaruhi pada besarnya nilai kandungan BOD yang berasal dari limbah penduduk ataupun limbah ternak. Namun pada pias Jembatan Al-Azhar nilai BOD kembali kecil, hal ini dapat disebabkan karena adanya penguraian bakteri atau tambahan oksigen selama perjalanan dari titik sebelumnya.



Gambar 4.5 Diagram kandungan pH pada Sungai Code Hulu

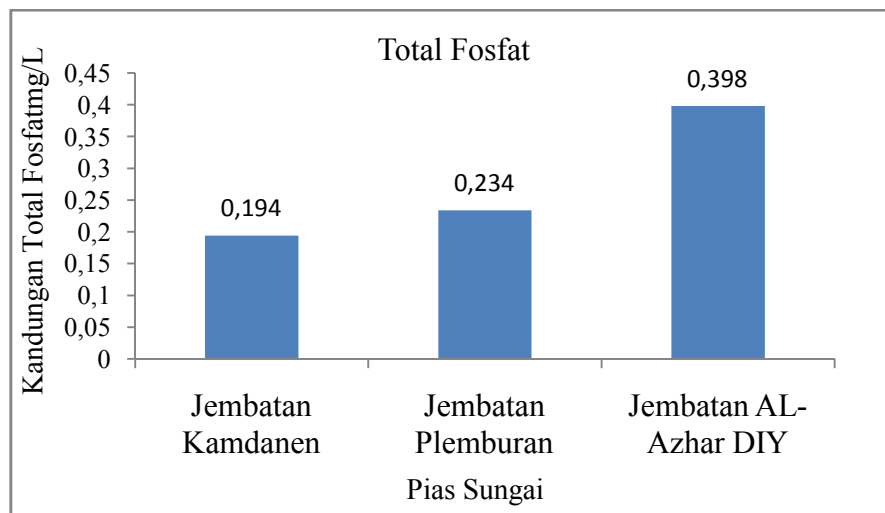
pH normal air yaitu 7, dan air yang baik biasanya berada di antara rentang 6,5-8,5, pada Gambar 4.5 nilai pH di setiap pias sungai berada pada rentang 7,9 dan 7,8, jika dibandingkan dengan parameter acuan, maka kandungan pH pada pias Sungai Code Hulu adalah baik atau tidak terpolusi.



Gambar 4.6 Diagram kandungan total solid pada Sungai Code Hulu

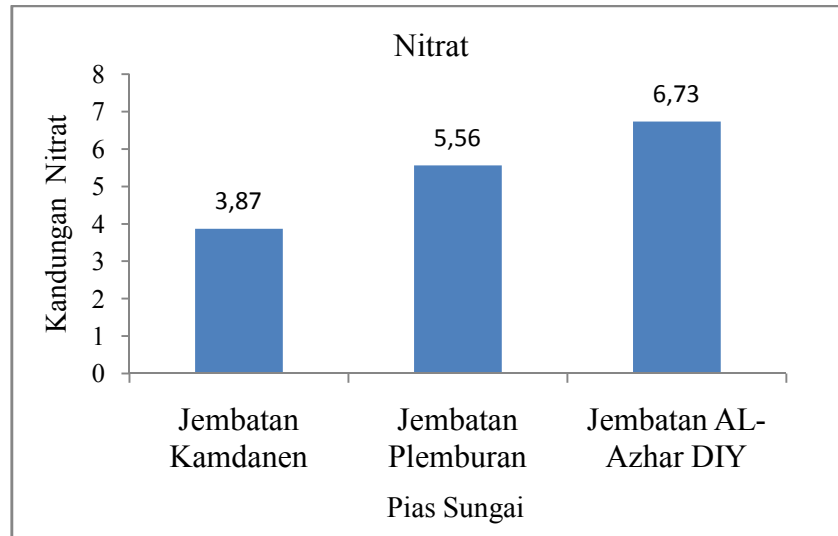
Mutmainah & Adnan (2018) menjelaskan bahwa TDS adalah jumlah unsur terlarut dalam air berupa organik atau non organik, serta kandungan TDS berbanding lurus dengan kekeruhan air. Total dissolved solid termasuk ke dalam limbah padatan yang berasal dari pemanfaatan lahan seperti pengairan irigasi, *urban runoff*, jalan raya dan *terrestrial disposal* (PERMEN LH No.01 Tahun

2010). Pada Gambar 4.6 kandungan TDS pada Sungai Code rata-rata berada di kisaran 89-115 dari ketiga pias, sedangkan parameter baku mutu air untuk TDS adalah 1000 mg/L untuk kelas I, sehingga kandungan TDS pada Sungai Code dari ketiga pias memiliki jumlah kandungan yang rendah, dan limbah padatan sedikit.



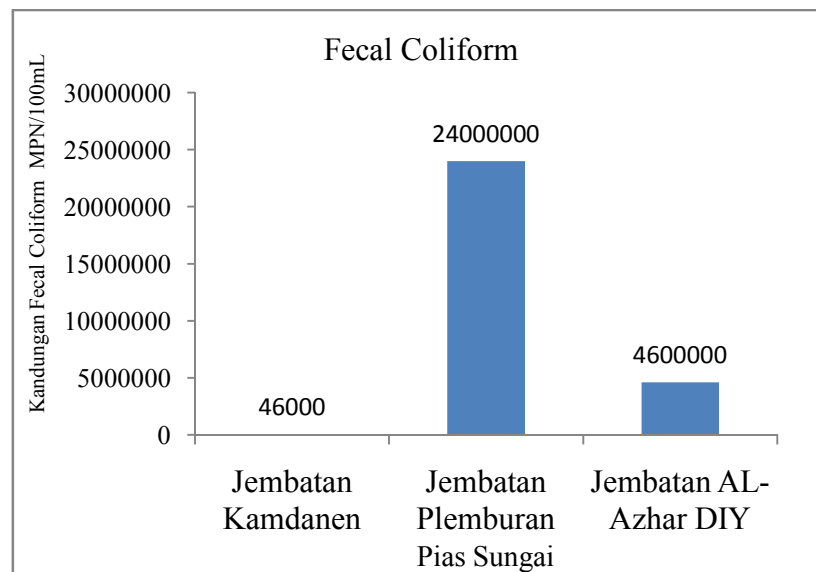
Gambar 4.7 Diagram kandungan total fosfat pada Sungai Code Hulu

Menurut Sutamihardja dkk. (2018) jika kandungan senyawa fosfat rendah maka pertumbuhan organisme dalam air terhambat, sedangkan jika kandungan tinggi maka pertumbuhan organisme di dalam air menjadi tidak terbatas dan mengakibatkan kerusakan pada kelestarian ekosistem air, dan kandungan fosfat di pengaruhi oleh limbah peternakan, pertanian, domestik dan industri. Syarat baku mutu air untuk parameter total fosfat dalam PER.GUB DIY No.20 tahun 2008 adalah 0,2 mg/L untuk kelas I dan kelas II, sedangkan kelas III adalah 1 mg/L, pada Gambar 4.7 kandungan fosfat pada Sungai Code memenuhi syarat baku mutu pada pias Jembatan Kamdanen, sedangkan pias Jembatan Plemburan dan Jembatan Al-Azhar lebih tinggi dari syarat baku mutu air. Hal ini diduga adanya penambahan limbah senyawa fosfat dalam perjalanan dari titik sebelumnya. Pada saat di lapangan, saat pengambilan sampel air, terdapat limbah buangan dari selokan yang mengalir ke sungai berwarna putih dan bau, diduga dapat dijadikan penyebab kandungan tinggi.



Gambar 4.8 Diagram kandungan nitrat pada Sungai Code Hulu

Syarat baku mutu air untuk kandungan nitrat adalah 10 mg/L untuk kelas I, pada gambar di atas, nilai kandungan nitrat pada Sungai Code dari 3 pias berada di bawah syarat baku mutu air, walau nilai kandungan semakin tinggi setiap piasnya namun masih di bawah rentang syarat baku mutu air parameter nitrat. Mutmainah & Adnan (2018) menjelaskan bahwa nitrat berasal dari hasil oksidasi senyawa nitrogen/amonida pada kondisi aerob oleh bakteri *nitrobacter* di perairan, senyawa nitrat diperlukan tumbuhan air dan alga sebagai nutrisi. Senyawa nitrat dapat berasal dari limbah domestik, ternak, pertanian dan erosi tanah (Effendi et al., 2015).



Gambar 4.9 Diagram *fecal coliform* pada Sungai Code Hulu

Hasil kandungan *fecal coliform* sangat jauh dari syarat baku mutu air dengan syarat maksimal sebesar 2000 MPN/100mL, sedangkan hasil yang didapatkan berada pada kisaran puluhan ribu hingga puluhan juta MPN/100mL, dapat disimpulkan bahwa kandungan fecal coliform pada Sungai Code Hulu sangat besar, sumber pencemar dapat berupa limbah pemukiman warga, limbah ternak, sampah dan sebagainya. Jumlah kandungan yang sangat besar tidak baik peruntukannya sebagai air minum atau air bersih. Hal ini juga dijelaskan dalam buku laporan SLHD Sleman 2013 tentang kualitas air di Sungai Yogyakarta sebagian besar jumlah kandungan *fecal coliform* melebihi syarat baku mutu air, sungai tersebut di antaranya adalah Sungai Blotan, Sungai Progo, Sungai Kruwet, Sungai Kuning, Sungai Gajah Wong, Sungai Boyong/Code dan lainnya, diduga kelebihan parameter dikarenakan adanya buangan organik dan anorganik yang biasanya berasal dari berbagai sumber seperti sampah organik, kotoran hewan ataupun manusia, tanaman-tanaman mati dan lainnya.

Selanjutnya hasil pengujian dilakukan analisis perhitungan menggunakan dua metode yaitu metode NSF-WQI dan Indeks Pencemar, Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.115 tahun 2003. Hasil dari analisis perhitungan menggunakan dua metode kemudian didapatkan nilai status mutu sungai dan kelas air pada Sungai Code Hulu.

b. Perhitungan kualitas air metode indeks pencemar KMNLH No.115 th 2003

Data kualitas air yang didapatkan kemudian dilakukan analisis perhitungan menggunakan metode indeks pencemar, contoh perhitungan menggunakan indeks pencemar KMNLH No. 115 th 2003 dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{(C_i L_{ij})_M^2 + (C_i L_{ij})_R^2}{2}} \quad (4.1)$$

Keterangan :

P_{ij} = Nilai indeks pencemar

$(C_i/L_{ij})_M$ = Nilai maksimum C_i/L_{ij}

$(C_i/L_{ij})_R$ = Nilai rata-rata C_i/L_{ij}

C_i = Data hasil pengujian

L_{ix} = Parameter baku mutu air

Hasil dan contoh perhitungan nilai kualitas air pada Sungai Code tiap pias sebagai berikut :

1. Nilai kualitas air pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

Diketahui hasil akhir perhitungan kualitas air pada Sungai Code Jembatan Kamdanen adalah :

Tabel 4.4 Status mutu air pada Sungai Code Jembatan Kamdanen metode Indeks Pencemar

No	Parameter	Ci	Lix	Ci/Lix	Ci/Lix baru
1	Temperatur	27			
2	Kekeruhan	1,4	5	0,28	0,28
3	DO	7,6	6	0,1	0,1
4	BOD	0,2	2	0,1	0,1
5	pH	7,9	6-8,5	0,52	0,52
6	TDS	89	1000	0,089	0,089
7	Total Fosfat	0,194	0,2	0,97	0,97
8	Nitrat	3,87	10	0,387	0,387
9	Fecal Coliform	46000	2000	23	7,81
Ci/Lix Rata-rata					1,28
Ci/Lix Maksimum					7,81
Indeks Pencemar					5,60
Nilai status air				Cemar sedang	

Contoh perhitungan :

a. Kekeruhan

Diketahui

$$Ci = 1,4 \text{ NTU}$$

$$Lix = 5 \text{ NTU}$$

$$Ci/Lix = 0,28$$

b. DO

khusus untuk parameter DO, ditetapkan nilai Cim (DO jenuh)

$$Cim = 10 \text{ Asumsi}$$

$$Ci = 7,6 \text{ mg/L}$$

$$Lix = 6 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ci/Lix baru} &= \left(\frac{C_{im} - C_{i(\text{hasil.pengukuran})}}{C_{im} - L_{ij}} \right) : 6 \\
 &= \left(\frac{10 - 7,6}{10 - 6} \right) : 6 \\
 &= 0,1
 \end{aligned}$$

c. BOD

Diketahui

$$\text{Ci} = 0,2 \text{ mg/L}$$

$$\text{Lix} = 2 \text{ mg/L}$$

$$\text{Ci/Lix} = 0,1$$

d. pH

Diketahui

$$\text{Ci} = 7,9$$

$$\text{Lix} = 6-8,5$$

$$\text{Lix rata-rata} = \frac{6 + 8,5}{2}$$

$$= 7,25 \text{ (Ci/Lix} > \text{Lix rata-rata)}$$

$$\text{Ci/Lix} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{\{(L_{ij})_{maksimum} - (L_{ij})_{rata-rata}\}}$$

$$= \frac{[7,9 - 7,25]}{\{8,5 - 7,25\}}$$

$$= 0,52$$

e. TDS

Diketahui

$$\text{Ci} = 89 \text{ mg/L}$$

$$\text{Lix} = 1000 \text{ mg/L}$$

$$\text{Ci/Lix} = 0,089$$

f. Total fosfat

Diketahui

$$\text{Ci} = 0,194$$

$$\text{Lix} = 0,2$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Ci/Lix} &= & 0,97 \\
 \text{g. Nitrat} & & & \\
 & \text{Diketahui} & & \\
 & \text{Ci} &= & 3,87 \\
 & \text{Lix} &= & 10 \\
 & \text{Ci/Lix} &= & 0,387 \\
 \text{h. Fecal Coliform} & & & \\
 & \text{Diketahui} & & \\
 & \text{Ci} &= & 46000 \text{ Jumlah/100mL} \\
 & \text{Lix} &= & 2000 \text{ mg/L} \\
 & \text{Ci/Lix} &= & 23 \text{ (Ci/Lix >1)} \\
 & \text{Ci/Lix baru} &= & 1,0 + 5 \cdot \text{Log} (23) \\
 & &= & 7,81
 \end{aligned}$$

Setelah menghitung semua data kemudian dihitung Ci/Lix rata-rata dan Ci/Lix maksimum. Hasil perhitungan selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan indeks pencemar, perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Ci/Lix rata-rata} &= \frac{\text{Ci/Lix total}}{n} \\
 &= \frac{0,28 + 0,1 + 0,1 + 0,52 + 0,089 + 0,97 + 0,387 + 7,81}{8} \\
 &= 1,28 \\
 \text{Ci/Lix Maks} &= 7,81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PIj} &= \sqrt{\frac{(C_i L_{ij})_M^2 + (C_i L_{ij})_R^2}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{1,34^2 + 7,81^2}{2}} \\
 &= 5,60
 \end{aligned}$$

2. Nilai kualitas air pada Sungai Code Jembatan Plemburan Sedan

Diketahui hasil akhir perhitungan kualitas air pada Sungai Code Jembatan Plemburan Sedan adalah :

Tabel 4.5 Status mutu air pada Sungai Code Jembatan Plemburan Sedan metode

Indeks Pencemar					
No	Parameter	Ci	Lix	Ci/Lix	Ci/Lix baru
1	Temperatur	26			
2	Kekeruhan	2	5	0,4	0,4
3	DO	7,4	6	0,11	0,11
4	BOD	5,7	3	1,9	2,39
5	pH	7,8	6-8,5	0,44	0,44
6	TDS	109	1000	0,109	0,109
7	Total Fosfat	0,234	0,2	1,17	1,34
8	Nitrat	5,56	10	0,556	0,556
9	Fecal Coliform	24000000	2000	12000	21,40
Ci/Lix Rata-rata					3,34
Ci/Lix Maksimum					21,40
Indeks Pencemar					15,3
Nilai status air				Tercemar	

3. Nilai kualitas air pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Diketahui hasil akhir perhitungan kualitas air pada Sungai Code Jembatan Ring Road Al-Azhar adalah :

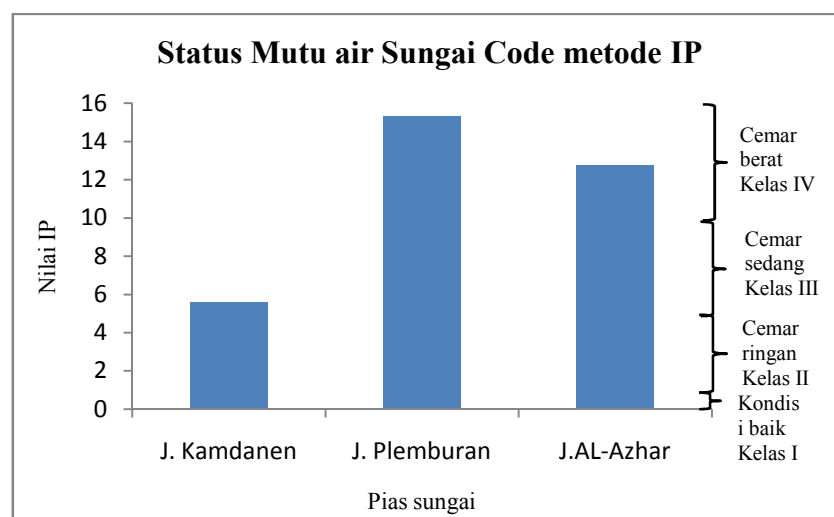
Tabel 4.6 Status mutu air pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar metode

Indeks Pencemar					
No	Parameter	Ci	Lix	Ci/Lix	Ci/Lix baru
1	Temperatur	26			
2	Kekeruhan	2	5	0,4	0,4
3	DO	7,4	6	0,11	0,11
4	BOD	0,3	2	0,15	0,15
5	pH	7,8	6-8,5	0,44	0,44
6	TDS	115	1000	0,115	0,115
7	Total Fosfat	0,398	0,2	1,99	2,49
8	Nitrat	6,73	10	0,673	0,673
9	Fecal Coliform	4600000	2000	2300	17,81
Ci/Lix Rata-rata					2,77
Ci/Lix Maksimum					17,81
Indeks Pencemar					12,7
Nilai status air				Tercemar	

Hasil analisis perhitungan kemudian dimasukkan ke dalam grafik, supaya dapat diketahui perbedaan nilai status mutu air di setiap piasnya, kesimpulan dari analisis kualitas air menggunakan indeks pencemar KMNLH No.115 th 2003 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7 Status mutu air Sungai Code Hulu metode indeks pencemar

No	Titik Tinjauan	Nilai IP	Status Mutu air	Kelas Sungai
1	Jembatan Kamdanen	5,60	Cemar sedang	III
2	Jembatan Plemburan	15,3	Cemar berat	IV
3	Jembatan AL-Azhar DIY	12,7	Cemar berat	IV



Gambar 4.10 Diagram status mutu air Sungai Code Hulu metode IP

Pada gambar di atas diketahui status mutu air Sungai Code pada pias Jembatan Kamdanen adalah cemar sedang, sedangkan pada pias Jembatan Plemburan dan Jembatan Al-Azhar adalah cemar berat. Dan diketahui nilai tertinggi berada pada pias Jembatan Plemburan, dikarenakan pada wilayah sepanjang pias telah memasuki wilayah padat penduduk, sedangkan pada pias Jembatan Ringroad Al-Azhar nilai kembali mengecil, diduga selama perjalanan dari pias Jembatan Plemburan menuju Jembatan Al-Azhar terdapat pengenceran untuk beberapa parameter sehingga mengurangi nilai pencemar.

c. Perhitungan kualitas air metode NSF-WQI

Perhitungan Status mutu air menggunakan metode NSF WQI dapat menggunakan persamaan di bawah berikut ini, nilai kualitas air didapatkan dengan mengkalikan bobot masing-masing parameter (Tabel 2.5) dengan nilai q setiap parameter yang ada pada Gambar 2.1. Persamaan untuk menghitung kualitas air dengan metode NSF WQI adalah sebagai berikut :

$$WQI = \sum_{i=1}^n W_i q_i \quad (4.2)$$

Keterangan :

W_i = Bobot masing-masing parameter (Tabel 2.5)

q_i = Nilai q awal masing-masing parameter (Gambar 2.1)

Hasil dan contoh perhitungan status mutu air metode NSF WQI pada Sungai Code Hulu adalah sebagai berikut :

1) Status mutu air pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

Contoh perhitungan :

a. Temperatur

Diketahui :

$$W_i = 0,10$$

$$q_i = 15$$

Jawab :

$$\begin{aligned} WQI &= \sum_{i=1}^n W_i q_i \\ &= 0,10 \times 15 \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

b. Kekerusuhan

Diketahui :

$$W_i = 0,08$$

$$q_i = 96$$

Jawab :

$$\begin{aligned} WQI &= 0,08 \times 96 \\ &= 7,68 \end{aligned}$$

Hasil analisis perhitungan status mutu air pada Sungai Code Jembatan Kamdanen dengan metode NSF-WQI adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Analisis kualitas air metode NSF-WQI pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

No	Parameter	Satuan	Hasil uji	Bobot (Wi)	Nilai q	WQI
1	Temperatur	(°c)	27	0,1	15	1,5
2	Kekeruhan	NTU	1,4	0,08	96	7,68
3	DO	mg/L	7,6	0,17	5	0,85
4	BOD	mg/L	0,2	0,11	99	10,89
5	pH		7,9	0,11	89	9,79
6	TDS	mg/L	89	0,07	86	6,02
7	Total Fosfat	mg/L	0,194	0,1	93	9,3
8	Nitrat	mg/L	3,87	0,1	90	9
9	Fecal Coliform	mg/L	46000	0,16	2	0,32
Jumlah						55,35
Nilai Status						Sedang

2) Status mutu air pada Sungai Code Jembatan Plemburan

Hasil analisis perhitungan status mutu air pada Sungai Code Jembatan Plemburan dengan metode NSF-WQI adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9 Analisis kualitas air metode NSF-WQI pada Sungai Code Jembatan Plemburan

No	Parameter	Satuan	Hasil uji	Bobot (Wi)	Nilai q	WQI
1	Temperatur	(°c)	26	0,1	13	1,3
2	Kekeruhan	NTU	2	0,08	93	7,44
3	DO	mg/L	7,4	0,17	5	0,85
4	BOD	mg/L	5,7	0,11	51	5,61
5	pH		7,8	0,11	91	10,01
6	TDS	mg/L	109	0,07	82	5,74
7	Total Fosfat	mg/L	0,234	0,1	94	9,4
8	Nitrat	mg/L	5,56	0,1	78	7,8
9	Fecal Coliform	mg/L	24000000	0,16	1	0,16
Jumlah						48,31
Nilai Status						Buruk

3) Status mutu air pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Hasil analisis perhitungan status mutu air pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar dengan metode NSF-WQI adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 Analisis kualitas air metode NSF-WQI pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

No	Parameter	Satuan	Hasil uji	Bobot (Wi)	Nilai q	WQI
1	Temperatur	(°c)	26	0,1	13	1,3
2	Kekeruhan	NTU	2	0,08	93	7,44
3	DO	mg/L	7,4	0,17	5	0,85
4	BOD	mg/L	0,3	0,11	98	10,78
5	pH		7,8	0,11	91	10,01
6	TDS	mg/L	115	0,07	79	5,53
7	Total Fosfat	mg/L	0,398	0,1	90	9
8	Nitrat	mg/L	6,73	0,1	75	7,5
9	Fecal Coliform	mg/L	4600000	0,16	1	0,16
Jumlah						52,57
Nilai Status						sedang

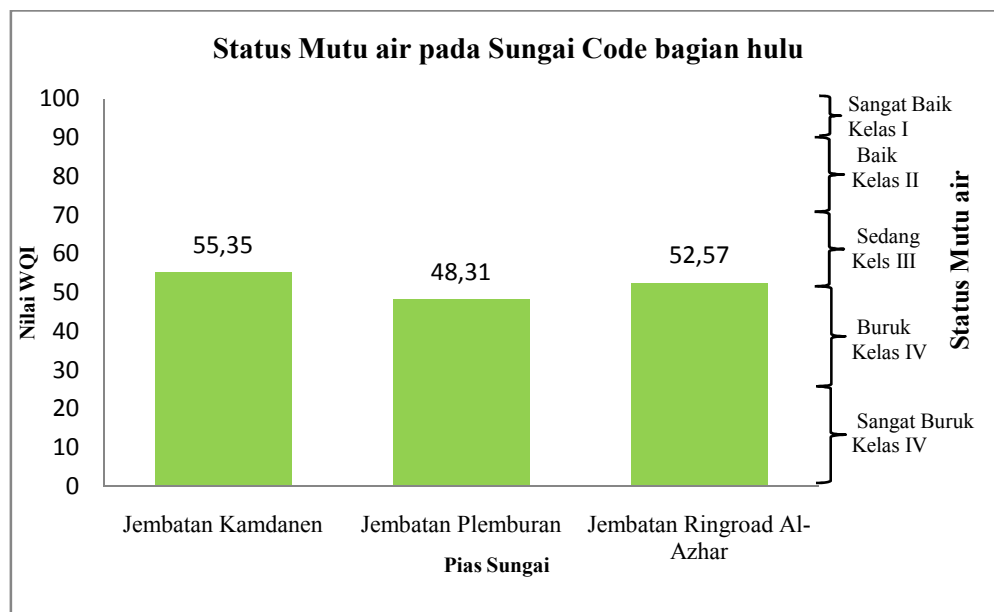
Selanjutnya hasil analisis perhitungan setiap pias jembatan digabungkan dan dimasukkan ke dalam grafik agar dapat dibandingkan nilai status mutu air dari setiap piasnya. Status mutu air tiap pias dapat dilihat pada tabel di bawah berikut:

Tabel 4.11 Status mutu air menurut NSF-WQI pada Sungai Code Hulu

Pias Sungai	Nilai NSF-WQI	Status Mutu air	Kelas
Jembatan Kamdanen	55,35	Sedang	III
Jembatan Plemburan	48,31	Buruk	IV
Jembatan Ringroad Al-Azhar	52,57	sedang	III

Status mutu air untuk metode NSF-WQI ialah semakin tinggi nilai WQI yang didapat semakin baik kualitas airnya, berkebalikan dengan metode sebelumnya yaitu indeks pencemar. Pada Gambar 4.11 nilai WQI pada tiap pias sungai berada di antara rentang 48-56, nilai WQI dari tiap piasnya memiliki nilai yang berdekatan namun status yang didapat berbeda. Pada pias Jembatan Kamdanen dengan nilai WQI sebesar 55,35 didapatkan status mutu air adalah sedang, dan pada pias Jembatan Plemburan status mutu air menurun menjadi buruk dengan nilai WQI sebesar 48,31, sedangkan status mutu air kembali naik

pada pias Jembatan Ringroad Al-Azhar, nilai dari kenaikan dan penurunan sama dengan hasil dari analisis menggunakan metode indeks pencemar sebelumnya.



Gambar 4.11 Diagram Status mutu air menurut NSF-WQI pada Sungai Code Hulu

Kesimpulan dari analisis kualitas air menggunakan metode indeks pencemar dan NSF-WQI adalah adanya penurunan status mutu air hingga status tertentu. Pada pias Jembatan Kamdanen dan pias Jembatan Plemburan status mutu air adalah cemar sedang/sedang dan cemar berat/buruk, penyebab penurunan status mutu air disebabkan oleh limbah yang dibuang ke sungai dari wilayah padat penduduk sepanjang pias Jembatan Kamdanen menuju Jembatan Plemburan, limbah yang dibuang berupa limbah padat yaitu sampah dan limbah cair yaitu air kotor kamar mandi yang dibuang langsung ke sungai melalui pipa ataupun cairan kotoran ternak dari kandang ayam dan sebagainya. Pada titik pengambilan sampel di Jembatan Plemburan, terdapat tumpukan sampah mengapung dan terbawa aliran sungai serta menumpuk di bantaran sungai. Sepanjang pias, sungai termasuk dalam kategori kelas sungai kelas III dan kelas IV menurut kelas sungai PP No.82 tahun 2001, yaitu diperuntukan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air pengairan tanaman, dan atau peruntukan yang lain dengan syarat mutu air sama dengan kegunaan tersebut.

Sedangkan pada pias Jembatan Ringroad Al-Azhar, status mutu air yaitu cemar berat menurut NSF-WQI dan sedang menurut indeks pencemar dengan

kelas sungai Kelas IV dan kelas III, akan tetapi nilai kualitas air yang didapatkan dari perhitungan mengalami kenaikan dari pias Jembatan Plemburan dikarenakan selama perjalanan diduga ada pengenceran pada parameter tertentu.



Gambar 4.12 Tumpukan sampah pada Jembatan Plemburan Sungai Code

Hasil analisis kualitas air pada Sungai Code Hulu disajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 4.12 Analisis kualitas air pada Sungai Code Hulu metode IP dan NSF-WQI

No	Titik Tinjauan	Nilai IP	Status	Kelas	NSF-WQI	Status	Kelas
1	J. Kamdanen	5,60	Cemar sedang	Kelas III	55,35	Sedang	Kelas III
2	J. Plemburan	15,3	Cemar berat	Kelas IV	48,31	Buruk	Kelas IV
3	J.AL-Azhar	12,8	Cemar berat	Kelas IV	52,57	sedang	Kelas III

4.1.2. Hidrometri

1. Kecepatan arus sungai (v)

Pengukuran kecepatan arus sungai dilaksanakan pada tanggal 25 maret 2019, pengukuran berlokasi dari hulu ke hilir yaitu di Jembatan Kamdanen Jalan Kapten Haryadi, Jembatan Plemburan Sedan Sariharjo Sleman dan Jembatan Al-Azhar Ringroad Utara. Metode yang digunakan dalam pengukuran kecepatan arus sungai adalah metode pelampung. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 titik/sisi yaitu sisi kanan sungai, sisi kiri sungai dan sisi tengah sungai. Kecepatan arus sungai didapatkan dengan membagi jarak dengan waktu pelampung terbawa arus.

Hasil dan contoh perhitungan kecepatan arus sungai Code Hulu adalah sebagai berikut :

1) Kecepatan arus pada Sungai Code Jembatan Kamdanen 25 Maret 2019

Contoh perhitungan

Diketahui :

$$\text{Jarak pengukuran} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Waktu pelampung sisi kanan (R1)} = 69,13 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu pelampung sisi tengah (C1)} = 18,37 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu pelampung sisi kiri (L1)} = 18,1 \text{ detik}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} V_{R1} &= \frac{M}{S} \\ &= \frac{10}{69,13} \\ &= 0,145 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{C1} &= \frac{M}{S} \\ &= \frac{10}{18,37} \\ &= 0,544 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{L1} &= \frac{M}{S} \\ &= \frac{10}{18,1} \\ &= 0,552 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kecepatan arus pada Sungai Code Jembatan Kamdanen adalah :

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} + V_{L1} + V_{L2} + V_{L3}}{9} \\ &= 0,404 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Hasil analisis perhitungan kecepatan arus pada sungai Code Jembatan Kamdanen adalah sebagai berikut :

Tabel 4.13 Kecepatan arus Sungai Code Hulu Jembatan Kamdanen

Penampang	Percobaan	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (V) (m/s)
Kanan	1	10	69,13	0,145
	2	10	69,76	0,143
	3	10	70	0,143
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,144
Tengah	1	10	18,37	0,544
	2	10	18,21	0,549
	3	10	19,57	0,511
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,535
Kiri	1	10	18,1	0,552
	2	10	19,92	0,502
	3	10	18,21	0,549
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,535
V hulu 1 (m/s)				0,404

2) Kecepatan arus pada Sungai Code Jembatan Plemburan 25 Maret 2019

Hasil analisis perhitungan kecepatan arus pada sungai Code Jembatan Plemburan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.14 Kecepatan arus Sungai Code Hulu Jembatan Plemburan (25 Maret 2019)

Penampang	Percobaan	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (V) (m/s)
Kanan	1	10	19,3	0,518
	2	10	19,25	0,519
	3	10	21,91	0,456
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,498
Tengah	1	10	15,92	0,628
	2	10	17,79	0,562
	3	10	17,25	0,580
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,590
Kiri	1	10	18,75	0,533
	2	10	18,74	0,534
	3	10	18,71	0,534
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,534
V hulu 2 (m/s)				0,541

- 3) Kecepatan arus pada Sungai Code Jembatan Al-Azhar 25 Maret 2019
 Hasil analisis perhitungan kecepatan arus pada sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15 Kecepatan arus Sungai Code Hulu Jembatan Al-Azhar

Penampang	Percobaan	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (V) (m/s)
Kanan	1	10	46,48	0,215
	2	10	46,88	0,213
	3	10	46,86	0,213
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,214
Tengah	1	10	33,05	0,303
	2	10	33,68	0,297
	3	10	34,12	0,293
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,298
Kiri	1	10	30,19	0,331
	2	10	30,9	0,324
	3	10	32,25	0,310
Kecepatan rata-rata (m/s)				0,322
V hulu 3 (m/s)				0,278

Selanjutnya hasil kecepatan arus sungai dikalikan dengan koefisien pelampung, pelampung yang digunakan berupa bola pingpong yang diisi air setengahnya, supaya kecepatan bola atau pelampung sama dengan kecepatan aliran permukaan sungai. Persamaan menghitung koefisien pelampung menurut Hartini (2017) adalah sebagai berikut :

$$K = 1 - 0,116((\sqrt{1 - \alpha}) - 0,1) \quad (4.3)$$

Keterangan :

K = Koefisien kecepatan.

α = Kedalaman tangkai (tinggi bola terisi air) dibagi dengan kedalaman air dalam meter.

Contoh perhitungan koefisien kecepatan Jembatan Kamdanen sebagai berikut :

Diketahui :

Kedalaman tangkai = 0,02 m

Kedalaman air = 0,77 m

Jawab :

$$\alpha = \frac{\text{Kedalaman tangkai}}{\text{Kedalaman air}}$$

$$= \frac{0,02}{0,77} = 0,02597$$

$$K = 1 - 0,116((\sqrt{1 - \alpha}) - 0,1)$$

$$= 1 - 0,116((\sqrt{1 - 0,02597}) - 0,1) = 0,89$$

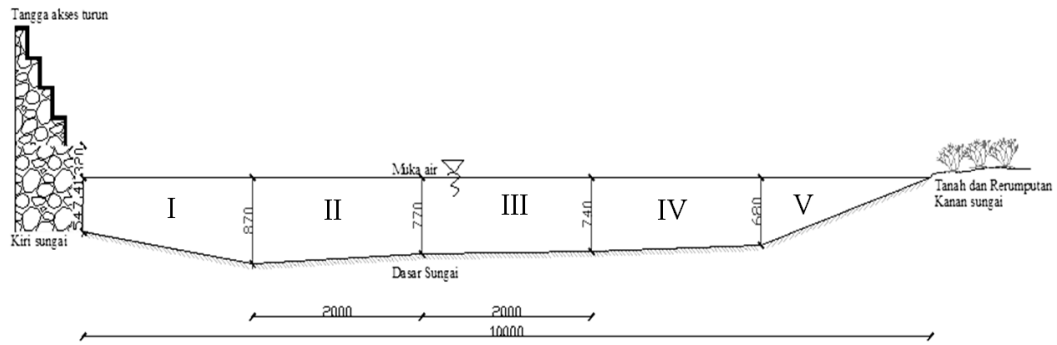
Tabel 4.16 Kecepatan arus pada Sungai Code Hulu

No	Titik tinjauan	Koefisien kecepatan (C)	Kecepatan (V)
1	Jembatan Kamdanen	0,89	0,360
2	Jembatan Plemburan	0,89	0,481
3	Jembatan Ringroad Al-azhar	0,89	0,247

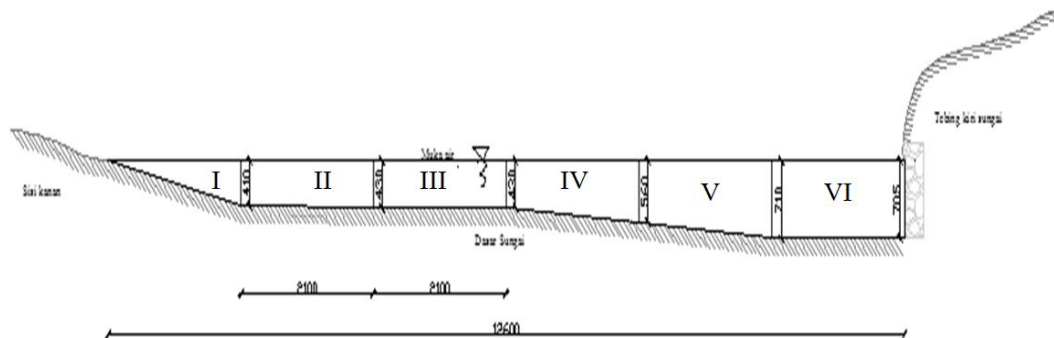
2. Luas penampang (A)

Luas penampang didapatkan dengan mengetahui luas area dari tiap *section*. Luas area dapat berupa bentuk bangun datar dengan bentuk yang biasanya adalah persegi, trapesium dan segitiga. Jarak tiap *section* didapatkan dengan membagi lebar sungai menjadi 2 meter/*section*. Luas penampang juga dapat diketahui dengan mencari luas area dalam aplikasi *autocad*. Dalam perhitungan luas penampang, penulis menggunakan 2 metode dengan menghitung setiap luas menggunakan persamaan bangun datar dan menggunakan perintah luas area pada aplikasi *autocad*.

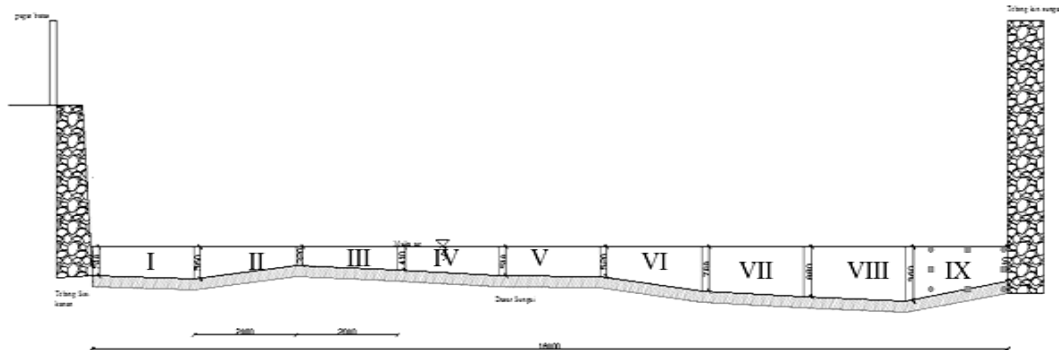
Dalam perhitungan luas penampang data yang dibutuhkan adalah hasil pengukuran lapangan, hasil pengukuran berupa lebar sungai dan kedalaman sungai tiap *section*. Hasil pengukuran selanjutnya digambar menggunakan *software autocad* sehingga diketahui bentuk bangun datar dari penampang sungai. Gambar penampang sungai pada Sungai Code Hulu dapat dilihat di bawah ini



Gambar 4.13 Penampang melintang Sungai Code bagian hulu Jembatan Kamdanen (Satuan dalam mm)



Gambar 4.14 Penampang melintang Sungai Code bagian hulu Jembatan Plemburan Sedan (Satuan dalam mm)



Gambar 4.15 Penampang melintang Sungai Code bagian hulu Jembatan Al-Azhar Ringroad Utara (Satuan dalam mm)

Pada gambar di atas, terlihat bentuk bangun datar dari setiap *section*-nya, dari gambar tersebut kemudian dilakukan analisis perhitungan luas penampang sungai, menggunakan rumus luas tiap bangun. Contoh perhitungan luas area setiap *section* sebagai berikut :

Contoh perhitungan luas penampang pada Jembatan Kamdanen

1) Section 1

Diketahui :

$$\text{Kedalaman sungai titik 1} = 0,54 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman sungai titik 2} = 0,87 \text{ m}$$

$$\text{Jarak titik 1 ke titik 2} = 2 \text{ m}$$

Bentuk bangun datar *section* 1 sisi kiri sungai berbentuk trapesium,

Jawab :

Rumus umum luas trapesium

$$\frac{(S1 + S2) \times T}{2}$$

Keterangan :

$$S1 = \text{Sisi 1 (kedalaman sungai titik 1)}$$

$$S2 = \text{Sisi 2 (kedalaman sungai titik 1)}$$

$$T = \text{Tinggi (jarak tiap section)}$$

Perhitungan luas penampang titik 1 ke titik 2 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= \frac{(0,54 + 0,87) \times 2}{2} \\ &= 1,41 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2) Section 2

Diketahui :

$$\text{Kedalaman sungai titik 2} = 0,87 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman sungai titik 3} = 0,77 \text{ m}$$

$$\text{Jarak titik 2 ke titik 3} = 2 \text{ m}$$

Bentuk bangun datar *section* 2 sisi kiri sungai berbentuk trapesium,

Jawab :

Perhitungan luas penampang titik 2 ke titik 3 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= \frac{(0,87 + 0,77) \times 2}{2} \\ &= 1,64 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3) Section 3

Diketahui :

$$\text{Kedalaman sungai titik 3} = 0,77 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman sungai titik 4} = 0,74 \text{ m}$$

Jarak titik 3 ke titik 4 = 2 m

Bentuk bangun datar *section 3* sisi kiri sungai berbentuk trapesium,

Jawab :

Perhitungan luas penampang titik 3 ke titik 4 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= \frac{(0,77 + 0,74) \times 2}{2} \\ &= 1,51 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4) Section 4

Diketahui :

Kedalaman sungai titik 4 = 0,74 m

Kedalaman sungai titik 5 = 0,68 m

Jarak titik 4 ke titik 5 = 2 m

Bentuk bangun datar *section 4* sisi kiri sungai berbentuk trapesium,

Jawab :

Perhitungan luas penampang titik 4 ke titik 5 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= \frac{(0,74 + 0,68) \times 2}{2} \\ &= 1,42 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

5) Section 5

Diketahui :

Kedalaman sungai titik 5 = 0,68 m

Kedalaman sungai titik 6 = 0 m

Jarak titik 5 ke titik 6 = 2 m

Bentuk bangun datar *section 5* sisi kiri sungai berbentuk segitiga,

Jawab :

Perhitungan luas penampang titik 5 ke titik 6 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\text{alas} \times \text{tinggi}}{2} && (4.4) \\ &= \frac{(0,68 + 0) \times 2}{2} \\ &= 0,68 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas Penampang (A) Jembatan Kamdanen

$$\begin{aligned} A_{\text{total}} &= (\text{Section 1} + \text{Section 2} + \text{Section 3} + \text{Section 4} + \text{Section 5}) \\ &= (1,41 + 1,64 + 1,51 + 1,42 + 0,68) \text{ m}^2 \\ &= 6,66 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Analisa perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel. Luas penampang pada Sungai Code Hulu sebagai berikut :

Tabel 4.17 Luas penampang Sungai Code Hulu Jembatan Kamdanen

No	Lebar sungai tiap titik (m)	Kedalaman Sungai (h) (cm)	Bangun	Luas Penampang (A) (m ²)
1	0	0,54	Trapeسيوم	1,41
2	2	0,87	Trapeسيوم	1,64
3	2	0,77	Trapeسيوم	1,51
4	2	0,74	Trapeسيوم	1,42
5	2	0,68	segitiga	0,68
6	2	0		
Total	10			6,66
h terdalam (m)		0,87		

Tabel 4.18 Luas penampang Sungai Code Hulu Jembatan Plemburan

No	Lebar sungai tiap titik (m)	Kedalaman Sungai (h) (cm)	Bangun	Luas Penampang (A) (m ²)
1	2,1	0,41	Segitiga	0,431
2	2,1	0,43	Trapeسيوم	0,882
3	2,1	0,43	Persegi	0,903
4	2,1	0,56	Trapeسيوم	1,040
5	2,1	0,71	Trapeسيوم	1,334
6	2,1	0,705	Trapeسيوم	1,486
Total	12,6			6,074
h terdalam (m)		0,71		

Tabel 4.19 Luas penampang Sungai Code Hulu Jembatan Al-Azhar DIY

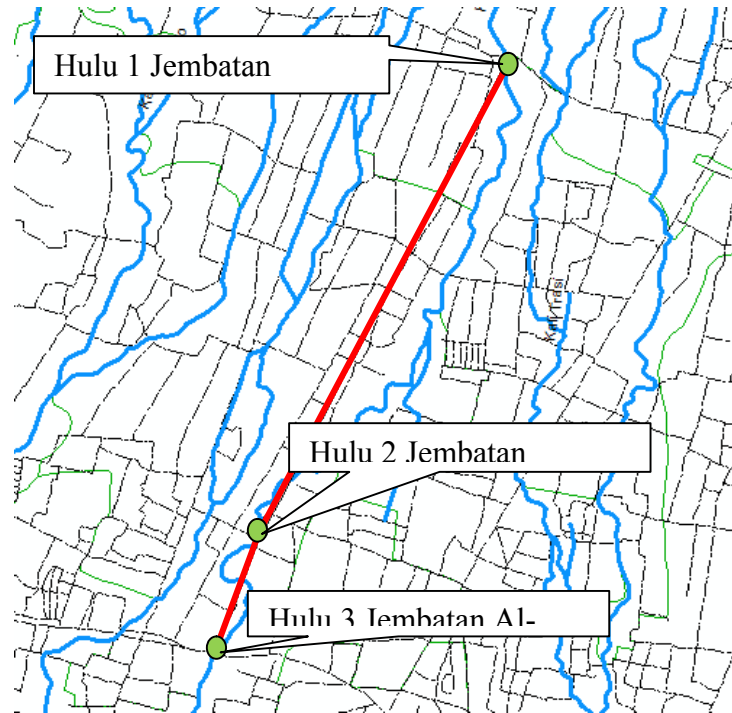
No	Lebar tiap titik (m)	Kedalaman Sungai (h) (cm)	Bangun	Luas Penampang (A) (m ²)
1	0	0,51	Trapeسيوم	1,070
2	2	0,56	Trapeسيوم	0,880
3	2	0,32	Trapeسيوم	0,730
4	2	0,41	Trapeسيوم	0,920
5	2	0,51	Trapeسيوم	1,030
6	2	0,52	Trapeسيوم	1,300
7	2	0,78	Trapeسيوم	1,660
8	2	0,88	Trapeسيوم	1,840
9	2	0,96	Trapeسيوم	1,570
10	2	0,61	Trapeسيوم	
Total	18			11,0
h terdalam (m)		0,96		

Tabel 4.20 Luas penampang pada Sungai Code Hulu hitungan manual dan *autocad*

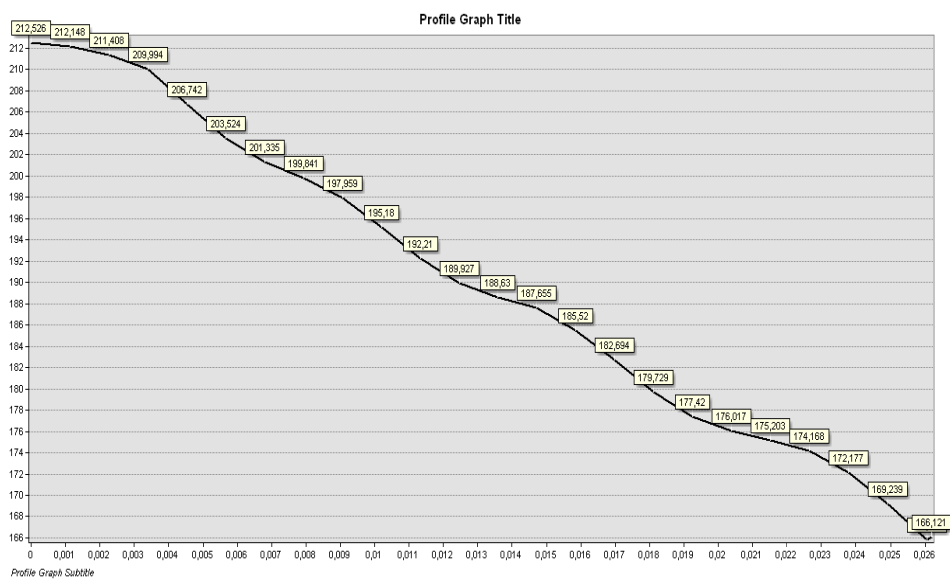
No	Titik tinjauan	Luas Penampang (A) (m ²)	(A) Autocad (mm ²)
1	Jembatan Kamdanen	6,66	6662395
2	Jembatan Plemburan	6,074	6074250
3	Jembatan Ringroad Al-azhar	11,00	11000000

3. Slope (I)

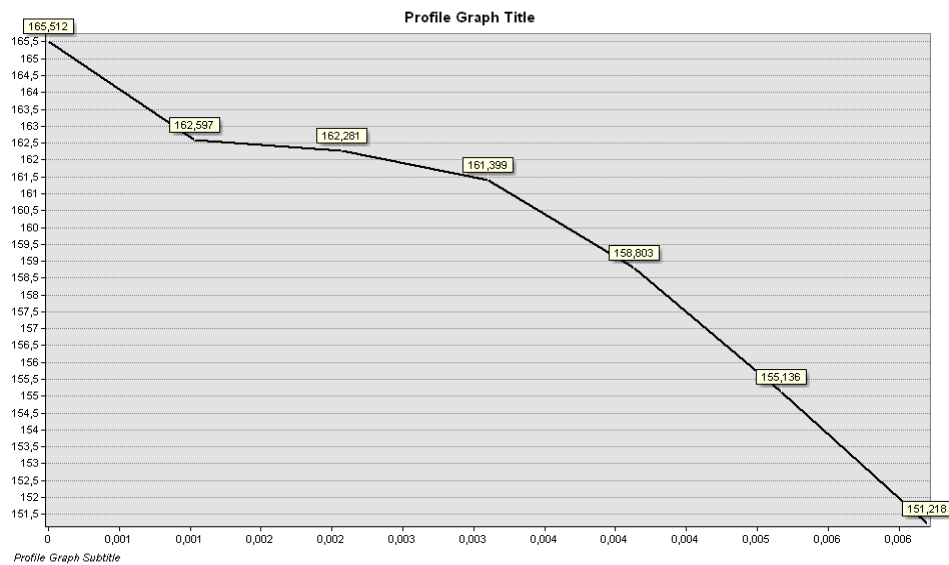
Pengukuran slope dilakukan menggunakan aplikasi *ArcGIS*. Pengukuran diawali dengan mengetahui tinggi elevasi dari setiap titik lokasi penelitian menggunakan perintah *3D analyst tool interpolate line*, kemudian didapat kemiringan berupa tinggi elevasi dari setiap titik. Selanjutnya diketahui jarak tiap titik dengan perintah *measure*, sehingga data yang didapatkan adalah tinggi elevasi dan jarak dari tiap titik lokasi. Kemudian data dianalisis menggunakan persamaan (4.2) untuk mengetahui kemiringan atau *slope*. Pengukuran slope menggunakan *ArcGIS* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.16 Pengukuran slope 3D analyst tool interpolate line



Gambar 4.17 Elevasi muka tanah dari Jembatan Kamdanen ke Jembatan Plemburan



Gambar 4.18 Elevasi muka tanah dari Jembatan Plemburan ke Jembatan Al-Azhar

Tinggi elevasi diambil dari nilai tertinggi dan terendah pada gambar 4.17 dan 4.18, dan tinggi elevasi dari tiap titik adalah :

Jembatan Kamdanen = 212,526 mdpl

Jembatan Plemburan = 165,152 mdpl

Jembatan Al-Azhar = 151,218 mdpl

Jarak yang didapatkan dari tiap titik adalah sebagai berikut :

Dari Jembatan Kamdanen sampai Jembatan Plemburan = 2854,376 m

Dari Jembatan Plemburan sampai Jembatan Al-Azhar = 705,614 m

Slope dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$I = \frac{\Delta h}{s} \quad (4.5)$$

Keterangan :

I = Slope

Δh = Selisih elevasi A – elevasi B

s = Jarak titik A ke titik B

Contoh perhitungan *slope* pada Sungai Code Hulu adalah sebagai berikut :

1) *Slope* Jembatan Kamdanen hingga Jembatan Plemburan

Diketahui :

Elevasi Jembatan Kamdanen = 212,526 mdpl
 Elevasi Jembatan Plemburan = 165,152 mdpl
 Jarak = 2854,376 m

jawab :

$$I = \frac{E.J.Kamdanen - E.J.Plemburan}{Jarak}$$

$$= \frac{212,526 - 165,152}{2854,376}$$

$$= 0,016597$$

2) *Slope* Jembatan Plemburan hingga Jembatan Ringroad Al-Azhar

Diketahui :

Elevasi Jembatan Plemburan = 165,152 mdpl
 Elevasi Jembatan Al-Azhar = 151,218 mdpl
 Jarak = 705,614 m

jawab :

$$I = \frac{E.J.Kamdanen - E.J.Plemburan}{Jarak}$$

$$= \frac{165,152 - 151,218}{705,614}$$

$$= 0,02026$$

Nilai *slope* pada Sungai Code Hulu setiap titiknya dapat dilihat pada tabel dibawah berikut ini :

Tabel 4.21 *Slope* pada Sungai Code Hulu

No	Titik tinjauan	Tinggi elevasi (mdpl)	Jarak (m)	Slope
1	Jembatan Kamdanen	212,526	2854,376	0,0166
2	Jembatan Plemburan	165,152		0,0166
3	Jembatan Ringroad Al-azhar	151,218	705,6143	0,02026

4. Jari-jari hidraulik (R)

Data jari-jari hidraulik dibutuhkan untuk perhitungan angkutan sedimen, data didapatkan dari analisa perhitungan menggunakan persamaan (4.3). Luas penampang yang telah dihitung sebelumnya dibagi dengan keliling basah

penampang sungai/*section*. Contoh perhitungan jari-jari hidraulik pada Sungai Code Jembatan Kamdanen adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{A}{P} \quad (4.6)$$

Keterangan :

R = Jari-jari hidraulik (m)

A = Luas Penampang (m²)

P = Keliling basah (m)

1) *Section 1*

Diketahui :

Kedalaman sungai T1 = 0,54 m

Kedalaman sungai T2 = 0,87 m

Jarak titik 1 ke titik 2 (J12) = 2 m

Luas Penampang (A) = 1,41 m²

Bentuk bangun datar *section 1* sisi kiri sungai berbentuk trapesium,

Jawab :

$$\begin{aligned} P &= T1+T2+J12+\sqrt{J12^2 + (T2 - T1)^2} \\ &= 0,54 + 0,87+ 2 + \sqrt{2^2 + (0,87 - 0,54)^2} \\ &= 5,437 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1,41}{5,437} \\ &= 0,259 \text{ m} \end{aligned}$$

2) *Section 2*

Diketahui :

Kedalaman sungai T2 = 0,87 m

Kedalaman sungai T3 = 0,77 m

Jarak titik 2 ke titik 3 (J23) = 2 m

Luas Penampang (A) = 1,64 m²

Bentuk bangun datar *section 2* sisi kiri sungai berbentuk trapesium,

Jawab :

$$\begin{aligned} P &= T2+T3+J23+\sqrt{J23^2 + (T2 - T3)^2} \\ &= 0,87 + 0,77+ 2 + \sqrt{2^2 + (0,87 - 0,77)^2} \end{aligned}$$

$$= 5,642 \text{ m}$$

$$R = \frac{1,64}{5,642}$$

$$= 0,291 \text{ m}$$

3) *Section 3*

Diketahui :

$$\text{Kedalaman sungai T3} = 0,77 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman sungai T4} = 0,74 \text{ m}$$

$$\text{Jarak titik 3 ke titik 4 (J34)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Luas Penampang (A)} = 1,51 \text{ m}^2$$

Bentuk bangun datar *section 3* sisi kiri sungai berbentuk trapesium,

Jawab :

$$\begin{aligned} P &= T3+T4+J34+\sqrt{J34^2 + (T3 - T4)^2} \\ &= 0,77 + 0,74 + 2 + \sqrt{2^2 + (0,77 - 0,74)^2} \\ &= 5,510 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{1,51}{5,510}$$

$$= 0,274 \text{ m}$$

4) *Section 4*

Diketahui :

$$\text{Kedalaman sungai T4} = 0,74 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman sungai T5} = 0,68 \text{ m}$$

$$\text{Jarak titik 4 ke titik 5 (J45)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Luas Penampang (A)} = 1,42 \text{ m}^2$$

Bentuk bangun datar *section 4* sisi kiri sungai berbentuk trapesium,

Jawab :

$$\begin{aligned} P &= T4+T5+J45+\sqrt{J45^2 + (T4 - T5)^2} \\ &= 0,74 + 0,68 + 2 + \sqrt{2^2 + (0,74 - 0,68)^2} \\ &= 5,421 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{1,42}{5,421}$$

$$= 0,262 \text{ m}$$

5) *Section 5*

Diketahui :

Kedalaman sungai T5 = 0,68 m

Kedalaman sungai T6 = 0 m

Jarak titik 5 ke titik 6 (J56) = 2 m

Luas Penampang (A) = 0,68 m²

Bentuk bangun datar *section 5* sisi kiri sungai berbentuk segitiga,

Jawab :

$$P = T5 + T6 + J56 + \sqrt{J56^2 + T5^2}$$

$$= 0,68 + 0 + 2 + \sqrt{2^2 + 0,68^2}$$

$$= 4,792 \text{ m}$$

$$R = \frac{0,68}{4,792}$$

$$= 0,142 \text{ m}$$

Maka jari-jari hidraulik total pada Jembatan Kamdanen adalah :

$$R_{\text{total}} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

$$= 0,259 + 0,291 + 0,274 + 0,262 + 0,142$$

$$= 1,228 \text{ m}$$

Analisis perhitungan jari-jari hidraulik pada Sungai Code Hulu setiap pias/titik dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.22 Jari-Jari Hidraulik pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

No	Bangun	Luas Penampang (A) (m ²)	Keliling Basah (P) (m)	Jari-Jari Hidraulik (R) (m)
1	Trapesium	1,41	5,437	0,259
2	Trapesium	1,64	5,642	0,291
3	Trapesium	1,51	5,510	0,274
4	Trapesium	1,42	5,421	0,262
5	segitiga	0,68	4,792	0,142
6	-	-	-	-
Total		6,66		1,228

Tabel 4.23 Jari-Jari Hidraulik pada Sungai Code Jembatan Plemburan

No	Bangun	Luas Penampang (A) (m ²)	Keliling Basah (P) (m)	Jari-Jari Hidraulik (R) (m)
1	Segitiga	0,431	4,650	0,093
2	Trapesium	0,882	5,040	0,175
3	Persegi	0,903	5,06	0,178
4	Trapesium	1,040	5,194	0,200
5	Trapesium	1,334	5,475	0,244
6	Trapesium	1,486	5,615	
Total		6,074		0,890

Tabel 4.24 Jari-Jari Hidraulik pada Sungai Code Jembatan Al-Azhar

No	Bangun	Luas Penampang (A) (m ²)	Keliling Basah (P) (m)	Jari-Jari Hidraulik (R) (m)
1	Trapesium	1,070	5,071	0,211
2	Trapesium	0,880	4,894	0,180
3	Trapesium	0,730	4,732	0,154
4	Trapesium	0,920	4,922	0,187
5	Trapesium	1,030	5,030	0,205
6	Trapesium	1,300	5,317	0,245
7	Trapesium	1,660	5,662	0,293
8	Trapesium	1,840	5,842	0,315
9	Trapesium	1,570	5,600	0,280
10	Trapesium			
Total		11,0		2,1

5. Debit sungai (Q)

Setelah mendapatkan data kecepatan arus dan luas penampang sungai, debit pada Sungai Code Hulu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.7). Analisis perhitungan debit Sungai Code tiap titik/pias sebagai berikut :

$$Q = V \times A$$

Keterangan :

$$Q = \text{Debit sungai (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{Kecepatan arus (m/s)}$$

$$A = \text{Luas Penampang (m}^2\text{)}$$

a. Debit sungai pada pias Jembatan Kamdanen

Diketahui :

$$\text{Luas Penampang sungai (A)} = 6,66 \text{ m}^2$$

$$\text{Kecepatan arus (V)} = 0,360 \text{ m/s}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 0,360 \times 6,66 \\ &= 2,397 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Debit sungai pada pias Jembatan Plemburan Sedan Sleman

Diketahui :

$$\text{Luas Penampang sungai (A)} = 6,074 \text{ m}^2$$

$$\text{Kecepatan arus (V)} = 0,481 \text{ m/s}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 0,481 \times 6,074 \\ &= 2,923 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

c. Debit sungai pada pias Jembatan Al-Azhar Ringroad Utara

Diketahui :

$$\text{Luas Penampang sungai (A)} = 11 \text{ m}^2$$

$$\text{Kecepatan arus (V)} = 0,247 \text{ m/s}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 0,247 \times 11 = 2,719 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Debit sungai pada Sungai Code Hulu untuk setiap piasnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.25 Debit Sungai Code Hulu

No	Titik tinjauan	Luas Penampang (A) (m ²)	Kecepatan (V) m/s	Debit (Q) m ³ /s
1	Jembatan Kamdanen	6,66	0,360	2,397
2	Jembatan Plemburan	6,074	0,481	2,923
3	Jembatan Ringroad Al-azhar	11	0,247	2,719

Nilai debit sungai dari setiap piasnya tidak sama, diketahui debit sungai pada pias Jembatan Kamdanen sebesar 2,397 m³/s dan pada pias Jembatan Plemburan debit menjadi naik menjadi 2,923 m³/s, hal ini dikarenakan sepanjang pias dari Jembatan Kamdanen ke Jembatan Plemburan ada debit tambahan, debit dapat berasal dari aktivitas manusia berupa air buangan kamar mandi, *car wash* dan sebagainya, kemudian debit kembali mengecil pada pias Jembatan Ringroad Al-Azhar dikarenakan air menjadi lebih tenang karena lebar sungai bertambah.

4.1.3. Berat jenis (Gs)

Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis suatu tanah dan jenis tanah tersebut. Pengujian berat jenis yang dilakukan mengikuti prosedur ASTM D 854-10. Data berat jenis yang didapatkan disajikan dalam tabel 4.30, contoh perhitungan berat jenis suatu tanah adalah sebagai berikut :

a. Kalibrasi piknometer

Perhitungan kalibrasi piknometer dilakukan untuk mengetahui nilai volume kosong sebuah piknometer. Piknometer yang dipakai sebanyak 6 buah dengan 1 titik lokasi 2 sampel. Analisis data kalibrasi seluruh piknometer yang dipakai disajikan dalam Tabel 4.25. Contoh perhitungan kalibrasi piknometer sebagai berikut :

Diketahui :

Piknometer	= P6
Berat piknometer kosong (Wp)	= 28,15 g
Berat piknometer + air (Wpw,c)	= 79,03 g
Temperatur dalam piknometer (T)	= 29,9 °C
Berat volume air (γ _{w,c})	= 0,9957 (Tabel 2.8)

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Volume Piknometer (V}_p) &= \frac{(W_{pw,c} - W_p)}{\rho_{w,c}} \\ &= \frac{(79,03 - 28,15)}{0,9957} \\ &= 51,10 \text{ mL} \end{aligned}$$

Tabel 4.26 Data kalibrasi piknometer P6, P3 dan P16

Kalibrasi Piknometer	Satuan	Piknometer		
		P6	P3	P16
Berat piknometer kosong (W _p)	g	28,15	30,46	31,67
Berat piknometer + air (W _{pw,c})	g	79,03	81,65	81,46
Temperatur dalam piknometer (T)	(°C)	29,9	30,2	28,3
Berat Volume air (γ _{w,c})		0,99568	0,99559	0,99615
Volume piknometer (V _p)	mL	51,10	51,42	49,98

Tabel 4.27 Data kalibrasi piknometer P4, P2 dan P19

Kalibrasi Piknometer	Satuan	Piknometer		
		P4	P2	P19
Berat piknometer kosong (W _p)	g	32,94	31,67	29,31
Berat piknometer + air (W _{pw,c})	g	83,76	81,78	79,28
Temperatur dalam piknometer (T)	(°C)	30,1	30,6	28,2
Berat Volume air (γ _{w,c})		0,99562	0,99547	0,99618
Volume piknometer (V _p)	mL	51,04	50,34	50,16

b. Berat jenis tanah

Sampel sedimen dari lapangan diambil kurang lebih 10 g, sebelumnya tanah/pasir sedimen di oven untuk mendapatkan berat tanah kering. Data berat jenis tanah pada Sungai Code Hulu disajikan dalam tabel, contoh perhitungan berat jenis pada Sungai Code Hulu adalah sebagai berikut :

1) Berat jenis tanah Sungai Code Jembatan Kamdanen

Diketahui :

Piknometer	= P6
Berat piknometer kosong (W _p)	= 28,15 g
Berat piknometer + tanah kering (W _{ps})	= 38,15 g
Berat piknometer + tanah + air (W _{pws,t})	= 85,31 g

$$\text{Temperatur (T)} = 20,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{K} = 0,9999$$

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Berat piknometer + air (Wpw,t)} &= W_p + (V_p \cdot \gamma_{w,c}) \\ &= 28,15 + (51,10 \cdot 0,9957) \\ &= 79,03 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis (Gs,t)} &= \frac{(W_{ps} - W_p)}{W_{pw,t} - [W_{pws,t} - (W_{ps} - W_p)]} \\ &= \frac{(38,15 - 28,15)}{79,03 - [85,31 - (38,15 - 28,15)]} \\ &= 2,69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis (Gs)} &= G_{s,t} \times K \\ &= 2,69 \times 0,9999 \\ &= 2,69 \end{aligned}$$

Hasil keseluruhan analisis perhitungan berat jenis pada Sungai Code Jembatan Kamdanen dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.28 Berat jenis Sungai Code pada Jembatan Kamdanen

Berat jenis	Satuan	Hulu 1	
		P6	P3
Berat piknometer kosong (Wp)	g	28,15	30,46
Berat piknometer + tanah kering (Wps)	g	38,15	40,46
Berat piknometer + tanah + air (Wpws,t)	g	85,31	87,92
Berat piknometer + air (Wpw,t)	g	79,03	81,65
Temperatur (T)	($^{\circ}$ C)	20,4	19,4
K		0,99994	1,0001
Berat jenis (Gs,t)		2,69	2,68
Berat jenis (Gs)		2,69	2,68
Berat jenis rata-rata		2,68	

2) Berat jenis tanah Sungai Code Jembatan Plemburan

Hasil analisis perhitungan berat jenis pada Sungai Code Jembatan Plemburan Sedan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.29 Berat jenis pada Sungai Code Jembatan Plemburan Sedan

Berat jenis	Satuan	Hulu 2	
		P16	P4
Berat piknometer kosong (Wp)	g	31,67	32,94
Berat piknometer + tanah kering (Wps)	g	41,67	42,94
Berat piknometer + tanah + air (Wpws,t)	g	87,71	90,01
Berat piknometer + air (Wpw,t)	g	81,46	83,76
Temperatur (T)	(°C)	18,7	19,3
K		1,00026	1,00014
Berat jenis (Gs,t)		2,67	2,67
Berat jenis (Gs)		2,67	2,67
Berat jenis rata-rata		2,67	

3) Berat jenis tanah Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Hasil analisis perhitungan berat jenis pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.30 Berat jenis pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Berat jenis	Satuan	Hulu 3	
		P2	P19
Berat piknometer kosong (Wp)	g	31,67	29,31
Berat piknometer + tanah kering (Wps)	g	41,67	39,31
Berat piknometer + tanah + air (Wpws,t)	g	88,05	85,53
Berat piknometer + air (Wpw,t)	g	81,78	79,28
Temperatur (T)	(°C)	18,3	19,6
K		1,00034	1,00008
Berat jenis (Gs,t)		2,68	2,67
Berat jenis (Gs)		2,68	2,67
Berat jenis rata-rata		2,67	

Dari tabel diatas diketahui nilai sebuah berat jenis-nya, selanjutnya nilai tersebut dibandingkan dengan Tabel 2.8 untuk mengetahui jenis tanahnya. Berat jenis dan jenis tanah pada Sungai Code Hulu tiap pias/titik disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4.31 Nilai jenis tanah tiap pias pada Sungai Code Hulu

No	Titik Tinjauan	Berat Jenis (Gs)	Jenis Tanah
1	Jembatan Kamdanen	2,68	Pasir
2	Jembatan Plemburan	2,67	Pasir
3	Jembatan Ringroad Al-azhar	2,67	Pasir

Nilai berat jenis yang didapatkan kemudian dikalikan 1000 Kg/m³ sehingga didapatkan nilai rapat massa sedimen yang digunakan dalam perhitungan angkutan sedimen. Rapat massa sedimen pada Sungai Code Hulu adalah :

Tabel 4.32 Rapat massa sedimen pada Sungai Code Hulu

No	Titik Tinjauan	Rapat massa sedimen (ρ_s) (Kg/m ³)
1	Jembatan Kamdanen	2684,6
2	Jembatan Plemburan	2667,2
3	Jembatan Ringroad Al-azhar	2674,4

4.1.4. Analisis gradasi butiran

Pengujian analisis gradasi butiran ditujukan untuk mengetahui diameter median dari persentase tanah lolos saringan. Perhitungan dimulai dengan mengetahui jumlah berat tertahan tanah di setiap saringan, kemudian dihitung nilai persentase lolos saringannya. Hasil perhitungan analisis gradasi butiran disajikan ke dalam tabel dan selanjutnya dimasukkan kedalam grafik gradasi butiran. Nilai diameter median didapatkan dengan cara menarik garis dari persen lolos tertentu ke garis gradasi butiran sehingga didapatkan ukuran butir pada persen yang ditentukan. Nilai diameter median selanjutnya dipakai untuk perhitungan angkutan sedimen. Hasil analisis perhitungan gradasi butiran pada Sungai Code adalah sebagai berikut :

1) Gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

Analisis perhitungan disajikan dalam bentuk tabel berikut ini, contoh perhitungan gradasi butiran pada Sungai Code adalah sebagai berikut :

Tabel 4.33 Gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

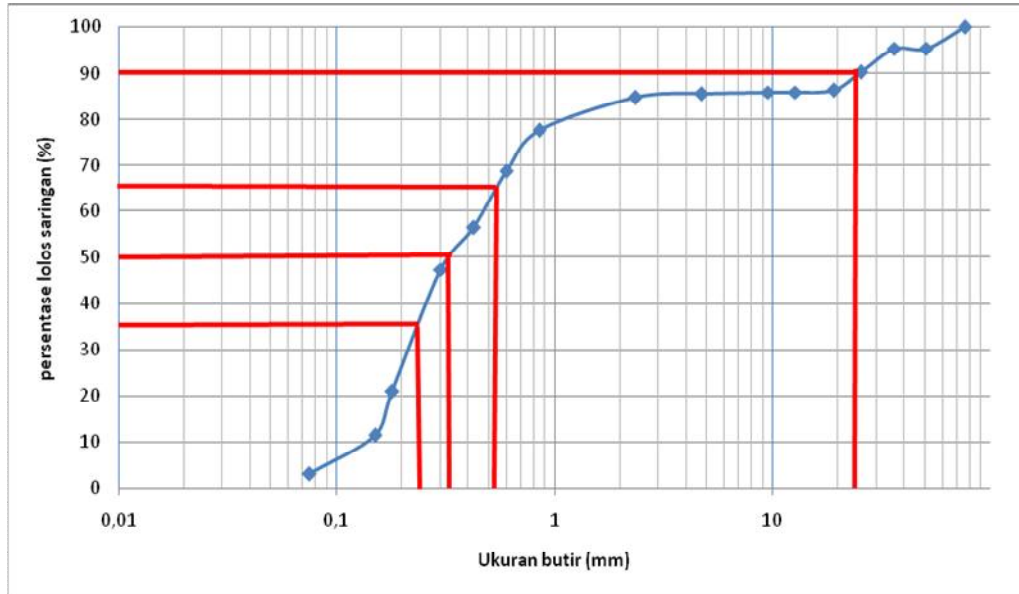
No saringan	Diameter	Berat tertahan (g)	Jumlah berat tertahan (g)	Persentase (%)		
				Jumlah tertahan	Tertahan kumulatif	Lolos saringan
(3")	76,2	0	0	0,000	0	100
(2")	50,8	140	140	4,667	4,667	95,333
(1 ½ ")	36,1	0	140	0,000	4,667	95,333
(1")	25,4	152	292	5,067	9,733	90,267
(¾")	19,1	117	409	3,900	13,633	86,367
(½")	12,7	14	423	0,467	14,100	85,9
(⅜")	9,52	0	423	0,000	14,100	85,9
(No.4)	4,75	9	432	0,300	14,400	85,6
(No.8)	2,36	27	459	0,900	15,300	84,7
(No.20)	0,85	213	672	7,100	22,400	77,6
(No.30)	0,600	266	938	8,867	31,267	68,733
(No.40)	0,425	370	1308	12,333	43,600	56,4
(No.50)	0,300	273	1581	9,100	52,700	47,3
(No.80)	0,180	791	2372	26,367	79,067	20,933
(No.100)	0,150	283	2655	9,433	88,500	11,5
(No.200)	0,075	250	2905	8,333	96,833	3,1667
Pan		95	3000	3,167	100	0
JUMLAH		3000		100		

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Persentase jumlah tertahan} &= \frac{\text{Berat.Tertahan}}{\text{Jumlah.berat.tertahan}} \times 100 \\ &= \frac{140}{3000} \times 100 \\ &= 4,667 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase lolos saringan} &= 100 - \text{persentase tertahan kumulatif} \\ &= 100 - 4,667 \\ &= 95,33 \% \end{aligned}$$

Data dalam Tabel 4.33 kemudian dimasukkan ke dalam grafik, sehingga dapat diketahui diameter median dari tiap persentase yang ditentukan, grafik gradasi butiran pada Sungai Code Hulu Jembatan Kamdanen adalah sebagai berikut :



Gambar 4.19 Grafik gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

Pada Gambar 4.19 diketahui nilai diameter median pada Sungai Code jembatan Kamdanen adalah sebagai berikut :

Tabel 4.34 Diameter median pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

Prosentase lolos	Diameter butiran (mm)	Diameter butiran (m)
D35	0,25	0,00025
D50	0,33	0,00033
D65	0,55	0,00055
D90	25	0,025

2) Gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Plemburan

Analisis perhitungan gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Plemburan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.35 Gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Plemburan Sedan

No saringan	Diameter	Berat tertahan (g)	Jumlah berat tertahan (g)	Persentase (%)		
				Jumlah tertahan	Tertahan kumulatif	Lolos saringan
(3")	76,2	0	0	0	0	100
(2")	50,8	0	0	0	0	100
(1 ½ ")	36,1	0	0	0	0	100
(1")	25,4	236	236	7,867	7,867	92,133
(¾")	19,1	60	296	2	9,867	90,133
(½")	12,7	289	585	9,633	19,5	80,5
(⅜")	9,52	54	639	1,8	21,3	78,7
(No.4)	4,75	21	660	0,7	22	78
(No.8)	2,36	71	731	2,367	24,367	75,633
(No.20)	0,85	437	1168	14,567	38,933	61,067
(No.30)	0,600	484	1652	16,133	55,067	44,933
(No.40)	0,425	486	2138	16,2	71,267	28,733
(No.50)	0,300	239	2377	7,967	79,233	20,767
(No.80)	0,180	433	2810	14,433	93,667	6,333
(No.100)	0,150	130	2940	4,333	98	2
(No.200)	0,075	36	2976	1,2	99,2	0,8
Pan (wadah)		24	3000	0,8	100	0
JUMLAH		3000		100		

Grafik gradasi butiran dan tabel diameter median pada Sungai Code Jembatan Plemburan Sedan adalah sebagai berikut :

Gambar 4.20 Grafik gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Plemburan

Pada Gambar 4.20 Grafik gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Plemburan diketahui nilai diameter median adalah sebagai berikut :

Tabel 4.36 Diameter median pada Sungai Code Jembatan Plemburan Sedan

Prosentase lolos	Diameter butiran (mm)	Diameter butiran (m)
D35	0,5	0,0005
D50	0,69	0,00069
D65	1	0,001
D90	19	0,019

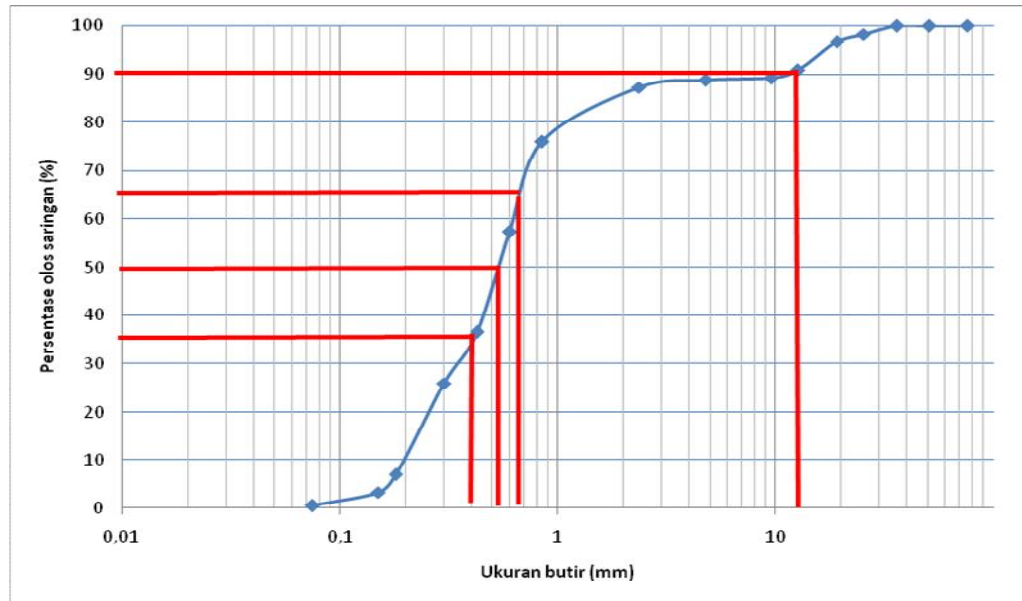
3) Gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Analisis perhitungan gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar adalah sebagai berikut :

Tabel 4.37 Gradasi butiran Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

No saringan	Diameter	Berat tertahan (g)	Jumlah berat tertahan (g)	Persentase (%)		
				Jumlah tertahan	Tertahan kumulatif	Lolos saringan
(3")	76,2	0	0	0	0	100
(2")	50,8	0	0	0	0	100
(1 ½")	36,1	0	0	0	0	100
(1")	25,4	52	52	1,733	1,733	98,267
(¾")	19,1	49	101	1,633	3,367	96,633
(½")	12,7	176	277	5,867	9,233	90,767
(⅜")	9,52	45	322	1,5	10,733	89,267
(No.4)	4,75	15	337	0,5	11,233	88,767
(No.8)	2,36	44	381	1,4667	12,7	87,3
(No.20)	0,85	340	721	11,3333	24,033	75,967
(No.30)	0,600	557	1278	18,5667	42,6	57,4
(No.40)	0,425	627	1905	20,9	63,5	36,5
(No.50)	0,300	317	2222	10,567	74,067	25,933
(No.80)	0,180	566	2788	18,867	92,933	7,067
(No.100)	0,150	114	2902	3,8	96,733	3,267
(No.200)	0,075	82	2984	2,733	99,467	0,533
Pan		16	3000	0,533	100	0
JUMLAH		3000		100		

Grafik gradasi butiran dan tabel diameter median pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar adalah sebagai berikut :



Gambar 4.21 Grafik gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Pada Gambar 4.21 Grafik gradasi butiran pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar diketahui nilai diameter median adalah sebagai berikut :

Tabel 4.38 Diameter median pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Prosentase lolos	Diameter butiran (mm)	Diameter butiran (m)
D35	0,41	0,00041
D50	0,52	0,00052
D65	0,68	0,00068
D90	12	0,012

4.1.5. Analisa data angkutan sedimen pada Sungai Code Hulu

a. Perhitungan angkutan sedimen metode Frijlink 1950

Data-data kecepatan arus, berat jenis, gradasi butiran dan sebagainya, selanjutnya dimasukkan ke dalam perhitungan angkutan sedimen. Perhitungan menggunakan metode Frijlink lebih sedikit dan lebih mudah dari metode lainnya, maka dari itu metode ini banyak digunakan untuk perhitungan angkutan sedimen. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Frijlink nantinya didapatkan berupa nilai angkutan sedimen tiap satuan waktu, dapat berupa $m^3/detik$, $m^3/hari$ dan $m^3/tahun$. Rumus umum angkutan sedimen metode Frijlink adalah sebagai berikut :

$$Tb = dm \cdot \sqrt{g \cdot \mu \cdot R \cdot I} \cdot 5e^{-0,27 \frac{\Delta dm}{\mu \cdot R \cdot I}} \quad (4.7)$$

Contoh perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Frijlink pada

Sungai Code adalah :

1. Angkutan sedimen Sungai Code Jembatan Kamdanen

Diketahui :

Percepatan gravitasi (g)	= 9,81 m/detik
Diameter butiran (D90)	= 0,025 m
Diameter butiran (D50)	= 0,00033 m
Jari-jari hidraulik (R)	= 1,228 m
Kemiringan saluran (I)	= 0,016596973
Kecepatan (V)	= 0,360 m/detik
Rapat massa air	= 1000 kg/m ³
Rapat massa sedimen	= 2684,6 kg/m ³

Jawab :

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}$$

$$= \frac{2684,6 - 1000}{1000}$$

$$= 1,6846$$

$$C = \left(\frac{V}{\sqrt{R \cdot I}} \right)$$

$$= \left(\frac{0,360}{\sqrt{1,228 \times 0,016596973}} \right)$$

$$= 2,52$$

$$C'' = 18 \text{ Log} \left(\frac{12 \cdot R}{D90} \right)$$

$$= 18 \text{ Log} \left(\frac{12 \cdot 1,228}{0,025} \right)$$

$$= 49,867$$

$$\begin{aligned}\mu &= \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} \\ &= \left(\frac{2,52}{49,867}\right)^{\frac{3}{2}} \\ &= 0,011365593\end{aligned}$$

Maka angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen adalah

$$\begin{aligned}T_b &= dm \cdot \sqrt{g \cdot \mu \cdot R \cdot I} \cdot 5e^{-0,27 \frac{\Delta d m}{\mu \cdot R \cdot I}} \\ &= 0,00033 \cdot \sqrt{9,81 \times 0,01137 \times 1,228 \times 0,0166} \cdot 5e^{-0,27 \frac{1,685 \times 0,00033}{0,01137 \times 1,228 \times 0,0166}} \\ &= 0,00004114 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{sb} &= T_b \times B \\ &= 0,00004114 \times 10 \\ &= 0,0004114 \text{ m}^3/\text{det}\end{aligned}$$

Untuk satu hari nilai angkutan sedimen sebesar :

$$\begin{aligned}T_b &= T_b (\text{m}^3/\text{det}) \times 24 (\text{jam}) \times 60 (\text{menit}) \times 60 (\text{detik}) \\ &= 0,0004114 \times 24 \times 60 \times 60 \\ &= 35,5440 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Hasil analisis perhitungan menggunakan metode Frijlink selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel. Analisis perhitungan lengkap untuk jumlah angkutan sedimen semua pias pada Sungai Code Hulu terlampir. berasal dari erosi dasar sungai sebesar 49,89 m³/hari. Sedangkan pada pias Jembatan Ringroad Al-Azhar nilai angkutan sedimen menurun, hal ini menandakan adanya pengurangan jumlah angkutan sedimen dikarenakan sedimentasi sebesar 65,64 m³/hari sepanjang pias Jembatan Plemburan ke Jembatan Ringroad Al-Azhar, angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen adalah sebagai berikut:

Tabel 4.39 Jumlah angkutan sedimen metode Frijlink pada Jembatan Kamdanen

Diketahui	Satuan	Nilai
Percepatan gravitasi (g)	m/s ²	9,81
Diameter butiran (D90)	m	0,025
Diameter butiran (D50)	m	0,00033
Jari-Jari Hidraulik (R)	m	1,228
B	m	10
Kemiringan saluran (I)		0,016596973
Kecepatan (V)	m/s	0,360
Rapat massa air	kg/m ³	1000
Rapat massa sedimen	kg/m ³	2684,6
Δ		1,684648808
C		2,52
C'		49,867
<i>Ripple factor</i>		0,011365593
Tb	m ³ /m.detik	0,00004114
Tb*B	m ³ /detik	0,00041139
Tb/hari	m ³ /hari	35,54401

2. Angkutan sedimen Sungai Code Jembatan Plemburan

Analisis perhitungan angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Plemburan ada pada lampiran, berikut adalah hasil dari analisis perhitungan angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Plemburan.

Tabel 4.40 Jumlah angkutan sedimen metode Frijlink pada Jembatan Plemburan

Diketahui	Satuan	Nilai
Percepatan gravitasi (g)	m/detik	9,81
Diameter butiran (D90)	m	0,019
Diameter butiran (D50)	m	0,00069
Jari-Jari Hidraulik (R)	m	1,154
B	m	12,600
Kemiringan saluran (I)		0,016596973
Kecepatan (V)	m/s	0,481
Rapat massa air	kg/m ³	1000
Rapat massa sedimen	kg/m ³	2667,2
Δ		1,6672
C		3,48
C'		51,530
<i>Ripple factor</i>		0,017520558
Tb	m ³ /m.detik	0,00007848
Tb*B	m ³ /detik	0,00098881
Tb/hari	m ³ /hari	85,43312

3. Angkutan sedimen Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Jumlah angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar terdapat pada tabel di bawah ini :

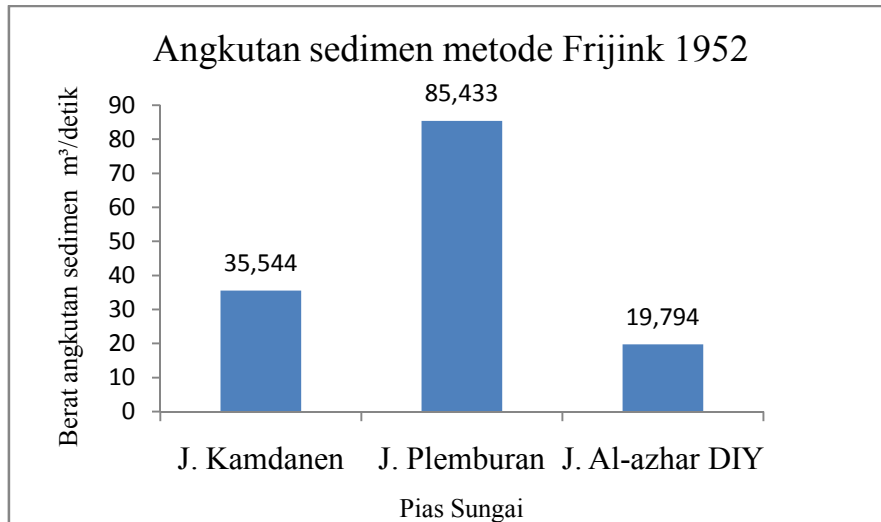
Tabel 4.41 Jumlah angkutan sedimen metode Frijlink pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Diketahui	Satuan	Nilai
Percepatan gravitasi (g)	m/detik	9,81
Diameter butiran (D90)	m	0,012
Diameter butiran (D50)	m	0,00052
Jari-Jari Hidraulik (R)	m	2,070
B	m	18,000
Kemiringan saluran (I)		0,020257526
Kecepatan (V)	m/s	0,247
Rapat massa air	kg/m ³	1000
Rapat massa sedimen	kg/m ³	2674,4
Δ		1,674378338
C		1,21
C'		59,686
<i>Ripple factor</i>		0,00287591
Tb	m ³ /m.detik	0,00001273
Tb*B	m ³ /detik	0,00022910
Tb/hari	m ³ /hari	19,79408

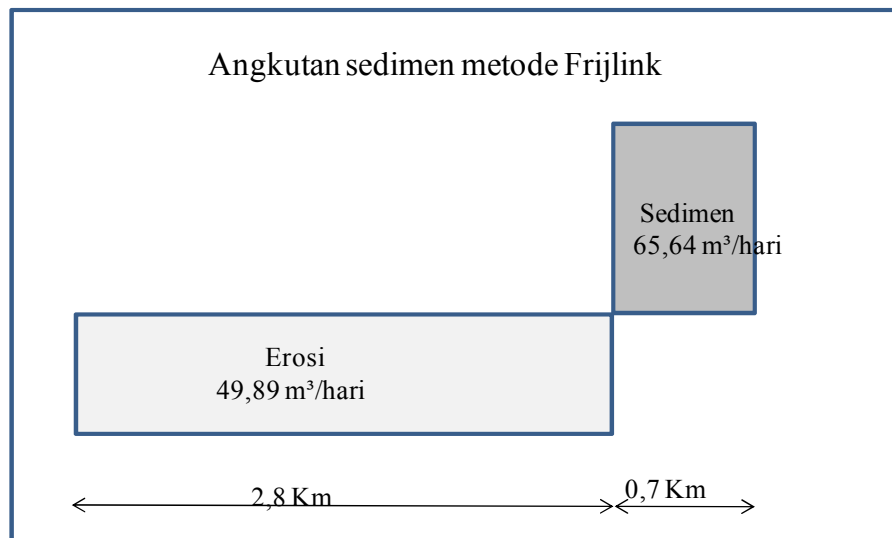
Jika digabungkan dalam tabel dan diagram, hasil perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Frinlink pada Sungai Code Hulu sebagai berikut :

Tabel 4.42 Jumlah angkutan sedimen metode Frijlink pada Sungai Code Hulu (25 Maret 2019)

No	Titik tinjauan	Frijink 1952	
		m ³ /detik	m ³ /hari
1	J. Kamdanen	0,00004114	35,544
2	J. Plemburan	0,00007848	85,433
3	J. Al-azhar DIY	0,00001273	19,794



Gambar 4.22 Angkutan sedimen pada Sungai Code metode Frijlink



Gambar 4.23 Ilustrasi angkutan sedimen metode Frijlink

b. Perhitungan angkutan sedimen metode Meyer Petter Muller 1948

Perhitungan angkutan sedimen selanjutnya dapat dihitung menggunakan metode Meyer Peter Muller 1948, metode ini adalah metode yang paling tua jika dibandingkan dengan metode Frijlink 1950 dan Einstein 1952. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Meyer-Peter-Muller atau M.P.M dapat menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\gamma_w \cdot \frac{Q_s}{Q} \cdot \left(\frac{K_s}{K_r} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot h \cdot I = A'' \cdot \gamma_s'' \cdot dm + B'' \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot g_s''^{\frac{2}{3}} \quad (4.8)$$

Contoh perhitungan angkutan sedimen pada Sungai Code menggunakan metode M.P.M adalah sebagai berikut :

1. Angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

Diketahui :

$$A'' = 0,047$$

$$B'' = 0,25$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_s = 2684,6 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_s'' = 1684,6 \text{ kg/m}^3$$

$$I = 0,016597$$

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$R = 1,228 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sungai (B)} = 10 \text{ m}$$

$$V = 0,360 \text{ m/s}$$

$$dm (D90) = 0,025 \text{ m}$$

$$dm (D50) = 0,00033 \text{ m}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} \frac{Q_s}{Q} &= \frac{Rb}{h} \\ &= \frac{1,228}{0,6} \\ &= 2,046431 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_s &= \frac{V}{I^{\frac{1}{2}} R b^{\frac{2}{3}}} \\ &= \frac{0,360}{0,016596973^{\frac{1}{2}} \times 1,228^{\frac{2}{3}}} \\ &= 2,4360 \text{ m}^{1/3}/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_r &= \frac{26}{D90^{\frac{1}{6}}} \\ &= \frac{26}{0,025^{\frac{1}{6}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 48,082091 \text{ m}^{1/3}/\text{s} \\
 \mu &= \frac{Ks}{Kr} \\
 &= \frac{2,436034}{48,082091} \\
 &= 0,050664
 \end{aligned}$$

Maka jumlah angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen sebesar :

Angkutan sedimen di dalam air :

$$\gamma_w \cdot \frac{Q_s}{Q} \cdot \left(\frac{Ks}{Kr} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot h \cdot I = A'' \cdot \gamma_s'' \cdot dm + B'' \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot g_s''^{\frac{2}{3}}$$

$$1000 \times 2,046 \times (0,0507)^{\frac{3}{2}} \times 0,6 \times 0,0166 = 0,047 \times 1684,6 \times 0,00033 + 0,25 \left(\frac{1000}{9,81} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot g_s''^{\frac{2}{3}}$$

$$0,25 \left(\frac{1000}{9,81} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot g_s''^{\frac{2}{3}} = 1000 \times 2,046 \times (0,0507)^{\frac{3}{2}} \times 0,6 \times 0,0166 - 0,047 \times 1684,6 \times 0,00033$$

$$1,167840878 \cdot g_s''^{\frac{2}{3}} = 0,23239531 - 0,026128903$$

$$g_s''^{\frac{2}{3}} = 0,176622013$$

$$g_s'' = 0,0742279 \text{ Kg/m.s}$$

$$\begin{aligned}
 q_s &= \frac{g_s''}{\gamma_s''} \\
 &= \frac{0,0742279}{1684,6} \\
 &= 0,0000441 \text{ m}^2/\text{s}
 \end{aligned}$$

Debit angkutan sedimen sedimen seluruh lebar sungai :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= q_s \times B \\
 &= 0,0000441 \times 10 \\
 &= 0,000441 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Untuk satu hari angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen sebesar :

$$\begin{aligned}
 Tb &= Tb \text{ (m}^3\text{/det) } \times 24 \text{ (jam) } \times 60 \text{ (menit) } \times 60 \text{ (detik)} \\
 &= 0,000441 \times 24 \times 60 \times 60 \\
 &= 38,069012 \text{ m}^3\text{/hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.43 Jumlah angkutan sedimen metode MPM pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

Keterangan	Satuan	Nilai
Qs/Q		2,046431
Ks	m ^{1/3} /s	2,436034
Kr	m ^{1/3} /s	48,082091
μ		0,050664
gs"	Kg/m.s	0,0742279
qs	m ² /s	0,000044
Tb (Qs)	m ³ /detik	0,0004406
Tb hari	m ³ /hari	38,069012

2. Jumlah angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Plemburan

Tabel 4.44 Jumlah angkutan sedimen metode MPM pada Sungai Code Jembatan Plemburan

Keterangan	Satuan	Nilai
Qs/Q		0,000000
Ks	m ^{1/3} /s	3,393913
Kr	m ^{1/3} /s	50,332413
μ		0,067430
gs"	Kg/m.s	0,1182734
qs	m ² /s	0,000071
Tb (Qs)	m ³ /detik	0,000894
Tb hari	m ³ /hari	77,229557

3. Jumlah angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

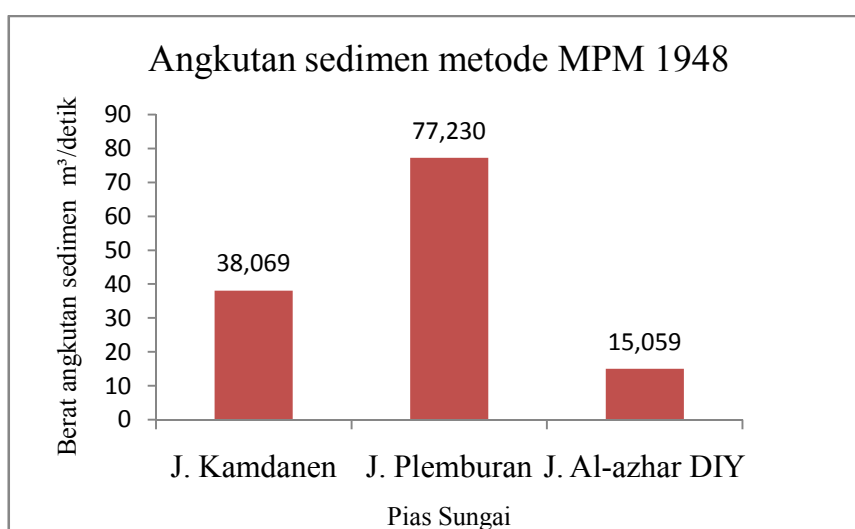
Tabel 4.45 Jumlah angkutan sedimen metode MPM pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Keterangan	Satuan	Nilai
Qs/Q		3,415408
Ks	$m^{1/3}/s$	1,069236
Kr	$m^{1/3}/s$	54,338770
μ		0,019677
gs''	Kg/m.s	0,0162125
qs	m^2/s	0,000010
Tb (Qs)	$m^3/detik$	0,000174
Tb hari	$m^3/hari$	15,058574

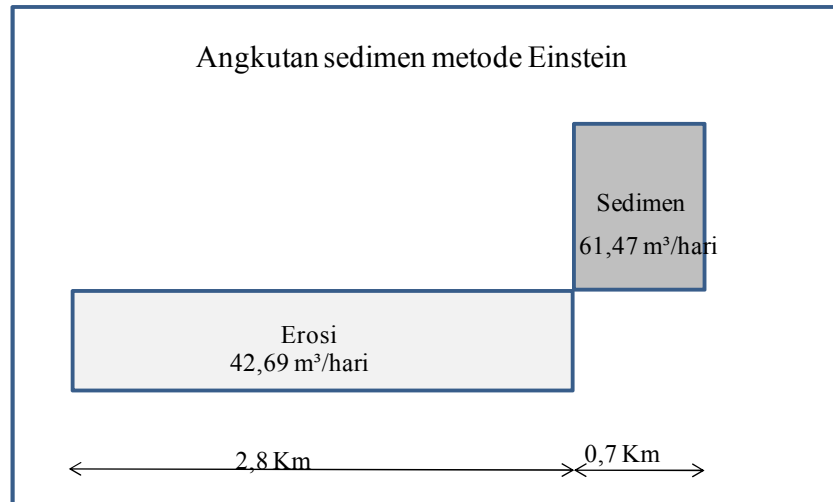
Hasil analisis perhitungan angkutan sedimen pada Sungai Code Hulu dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Tabel 4.46 Jumlah angkutan sedimen pada Sungai Code Hulu metode MPM (25 Maret 2019)

No	Titik tinjauan	Angkutan sedimen (Tb)	
		$m^3/detik$	$m^3/hari$
1	Jembatan Kamdanen	0,000441	38,06901
2	Jembatan Plemburan	0,000894	77,22956
3	Jembatan Ringroad Al-azhar	0,000174	15,05857



Gambar 4.24 Angkutan sedimen Sungai Code metode MPM



Gambar 4.25 Ilustrasi angkutan sedimen metode MPM

Pada gambar dan tabel di atas diketahui hasil yang didapatkan tidak berbeda jauh dengan hasil dari analisis perhitungan menggunakan metode Frijlink yang membedakan dari ke tiga metode hanyalah jumlah nilai angkutan sedimennya. Diketahui nilai angkutan sedimen tertinggi ada pada pias Jembatan Plemburan, dan menyebabkan erosi dasar sungai sebesar 42,69 m³/hari sepanjang pias dari Jembatan Kamndanen menuju Jembatan Plemburan, serta adanya sedimentasi sebesar 61,47 m³/hari. Nilai erosi dan sedimentasi didapatkan dari selisih angkutan sedimen yang diterima dan keluar di setiap piasnya.

c. Perhitungan angkutan sedimen metode Einstein

Perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Einstein sedikit lebih panjang dari perhitungan metode sebelumnya, metode ini memiliki beberapa grafik dan *trial error* untuk mendapatkan hasil angkutan sedimen. Jika dibandingkan dengan metode lain di Yogyakarta, hasil dari nilai angkutan sedimen menggunakan metode Einstein lebih mendekati keadaan di lapangan. Perhitungan menggunakan metode Einstein dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$i_{BQB} = \phi_* \cdot i_b \cdot \gamma_s (g \cdot D)^2 \left(\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right)^{1/2} \quad (4.9)$$

Hasil dari analisis perhitungan nantinya didapatkan jumlah angkutan sedimen yang ada pada suatu pias sungai. Hasil penelitian dan contoh analisis

perhitungan angkutan sedimen pada Sungai Code dengan metode Einstein adalah sebagai berikut :

1. Angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen

Diketahui :

g	$= 9,81 \text{ m/s}^2$
Slope	$= 0,016596973$
d_{65}	$= 0,00055 \text{ m}$
d_{35}	$= 0,00025 \text{ m}$
ρ_w	$= 1000 \text{ Kg/m}^3$
ρ_s	$= 2684,6 \text{ Kg/m}^3$
A	$= 6,66 \text{ m}^2$
B	$= 10 \text{ m}$
Q	$= 2,397 \text{ m}^3/\text{s}$
Temperatur air	$= 27^\circ\text{C}$
Viskositas	$= 0,000000853 \text{ m}^2/\text{s}$

Fraksi kelas material untuk Sungai Code Jembatan Kamdanen sebagai berikut:

Tabel 4.47 Fraksi kelas butir analisis saringan agregat jembatan kamdanen

Fraksi	Ukuran butiran (mm)	Ukuran butir rata-rata (mm)	% material tertahan
d1	50,8 - 4,75	22,62	14,4
d2	2,36 - 0,425	1,0588	29,2
d3	0,3-0	0,141	56,4

Jawab :

Nilai jari-jari hidraulik diasumsikan

$$R_b' = 0,0048 \text{ m}$$

Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran

$$\begin{aligned}
 U_*' &= \sqrt{g \cdot R_b' \cdot S} \\
 &= \sqrt{9,81 \times 0,0048 \times 0,016596973} \\
 &= 0,027955648 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

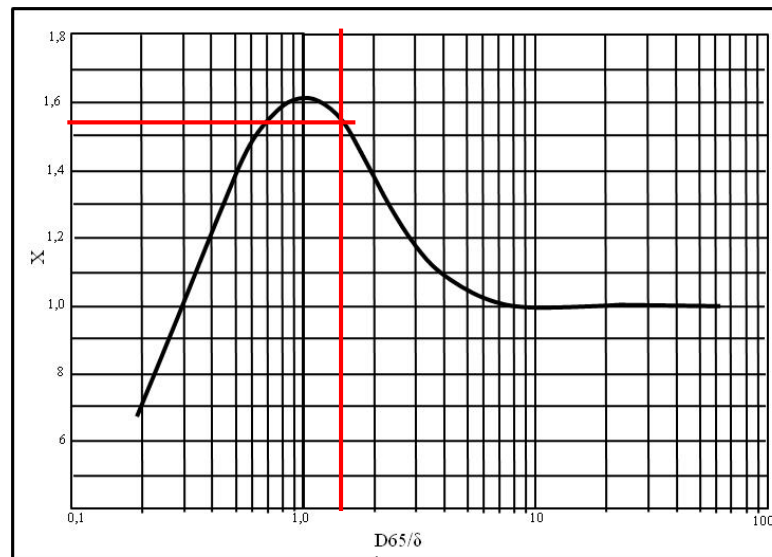
Tebal lapisan laminar δ'

$$\begin{aligned}\delta' &= \frac{11,6 \cdot v}{U_*'} \\ &= \frac{11,6 \times 0,000000853}{0,027955648} \\ &= 0,000353946 \text{ m}\end{aligned}$$

Faktor koreksi pengaruh kekentalan air (x)

$$\begin{aligned}\frac{D_{65}}{\delta'} &= \frac{0,00055}{0,000353946} \\ &= 1,553907736\end{aligned}$$

Faktor koreksi (X) = 1,52 (Gambar 4.24)



Gambar 4.26 Grafik nilai faktor koreksi (x) Sungai Code Jembatan Kamdanen (Einstein 1950)

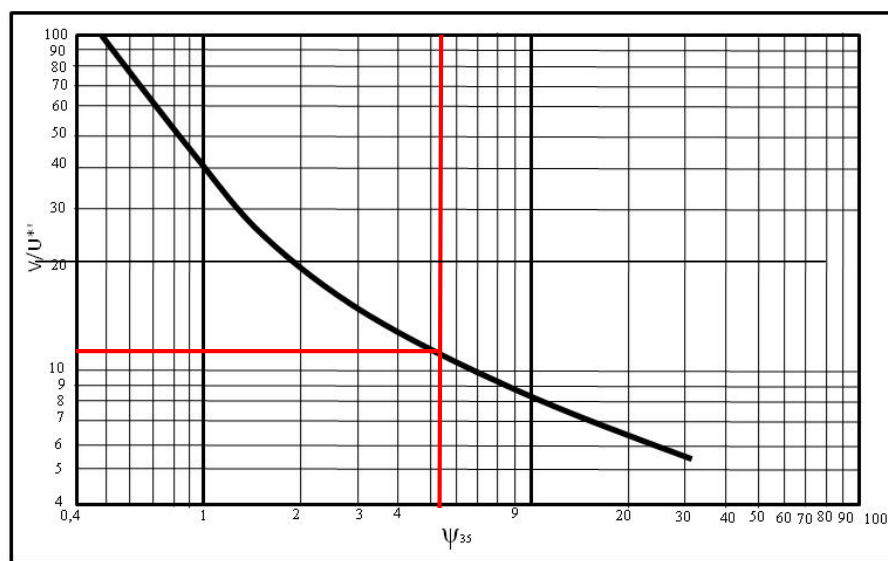
Kecepatan aliran rata-rata (v)

$$\begin{aligned}V &= 5,75 \cdot U_*' \cdot \log\left(\frac{12,27 \cdot Rb' \cdot x}{D_{65}}\right) \\ &= 5,75 \times 0,027955648 \times \log\left(\frac{12,27 \times 0,0048 \times 1,52}{0,00055}\right) \\ &= 0,356410803 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Intensitas aliran (Ψ)

$$\begin{aligned}\Psi_{35} &= \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \times \frac{D_{35}}{Rb' S} \\ &= \frac{2684,6 - 1000}{1000} \times \frac{0,00025}{0,0048 \times 0,0165969 \text{ B}} \\ &= 5,286634377\end{aligned}$$

Nilai intensitas aliran kemudian dimasukkan ke dalam Gambar 4.25 untuk mendapatkan nilai $V/U^{*'}_v$



Gambar 4.27 Grafik nilai intensitas aliran dengan kecepatan gesek konfigurasi Sungai Code Jembatan Kamdanen (Einstein 1950)

Nilai dalam gambar didapatkan $V/U^{*'}_v = 12$ maka :

$$\begin{aligned}V^{*''} &= \frac{V}{V/U^{*'}_v} \\ &= \frac{0,356410803}{12} \\ &= 0,0297009 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Jari-jari hidraulik akibat konfigurasi dasar

$$\begin{aligned}Rb^{''} &= \frac{(V^{*''})^2}{g \cdot S} \\ &= \frac{(0,0297009)^2}{9,81 \times 0,0165969 \text{ B}}\end{aligned}$$

$$= 0,00541803 \text{ m}$$

Jari-jari hidraulik total

$$\begin{aligned} R_b &= R_b' + R_b'' \\ &= 0,0048 + 0,00541803 \\ &= 0,01021803 \text{ m} \end{aligned}$$

Debit kontrol

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot A \\ &= 0,356410803 \times 6,66 \\ &= 2,37369595 \approx 2,397 \text{ m}^3/\text{s (mendekati)} \end{aligned}$$

Ukuran butir referensi (X)

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{d_{65}}{x} \\ &= \frac{0,00055}{1,54} \\ &= 0,000357143 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta}{\delta'} &= \frac{0,000357143}{0,000353946} \\ &= 1,009030997 < 1,8 \text{ (Alas licin)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 1,39 \times \delta' \\ &= 1,39 \times 0,000353946 \\ &= 0,000491985 \text{ m} \end{aligned}$$

Fraksi ukuran butir d1

Heading factor (ξ)

$$d_1 = 0,022624286 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \frac{d_1}{X} &= \frac{0,022624286}{0,000491985} \\ &= 45,9856803 \end{aligned}$$

$$\xi = 1 \text{ (Gambar 2.14)}$$

Faktor koreksi gaya angkat (Y)

$$\frac{D_{65}}{\delta'} = 1,553907736$$

$$Y = 0,75 \text{ (Gambar 2.14)}$$

Intensitas aliran terkoreksi (Ψ)

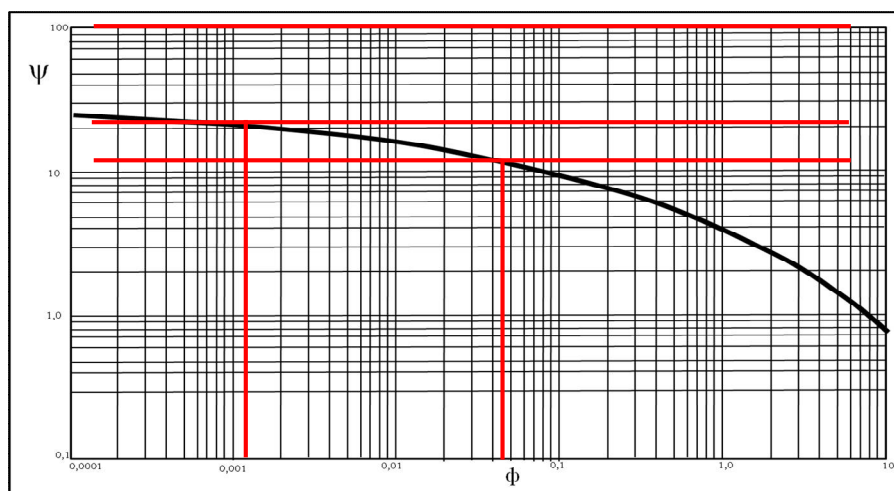
$$\begin{aligned} \Psi_{d1} &= \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \times \frac{d1}{Rb'S} \\ &= \frac{2684,6 - 1000}{1000} \times \frac{0,02262428}{0,0048 \times 0,01659693} \\ &= 478,4253064 \end{aligned}$$

$$\Psi = \xi \cdot Y \left[\frac{\log(10,6)}{\log\left(\frac{10,6 \cdot x}{\Delta}\right)} \right]^2 \cdot \Psi_{d1}$$

$$= 1 \times 0,75 \times \left[\frac{\log(10,6)}{\log\left(\frac{10,6 \times 0,000491985}{0,000357143}\right)} \right]^2 \times 478,4253064$$

$$= 278,2055851$$

Maka $\phi = 0$ (Gambar 4.26)



Gambar 4.28 Grafik intensitas aliran terkoreksi pada Sungai Code Jembatan Kamdanen (Einstein 1950)

Angkutam sedimen :

$$\begin{aligned}
 i_{BQ_{Bd1}} &= \phi_* \cdot i_b \cdot \gamma_s (g \cdot D)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0 \times 0,144 \times 2684,6 \times (9,81 \times 0,022624286)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{2684,6 - 1000}{1000} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0 \text{ Kg/m.s}
 \end{aligned}$$

Fraksi ukuran butir d2

Heading factor (ξ)

$$d2 = 0,00105875 \text{ m}$$

$$\frac{d2}{X} = \frac{0,00105875}{0,000491985}$$

$$= 2,151994526$$

$$\xi = 1$$

Faktor koreksi gaya angkat (Y)

$$\frac{D_{65}}{\delta'} = 1,553907736$$

$$Y = 0,75$$

Intensitas aliran terkoreksi (Ψ)

$$\begin{aligned}
 \Psi_{d2} &= \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \times \frac{d2}{Rb'S} \\
 &= \frac{2684,6 - 1000}{1000} \times \frac{0,00105875}{0,0048 \times 0,01659697} \\
 &= 22,38889659
 \end{aligned}$$

$$\Psi = \xi \cdot Y \left[\frac{\log(10,6)}{\log\left(\frac{10,6 \cdot x}{\Delta}\right)} \right]^2 \cdot \Psi_{d2}$$

$$= 1 \times 0,75 \times \left[\frac{\log(10,6)}{\log\left(\frac{10,6 \times 0,000491985}{0,000357143}\right)} \right]^2 \times 22,38889659$$

$$= 13,01920277$$

Maka $\phi = 0,05$ (Gambar 4.26)

Angkutan sedimen

$$i_{BQd2} = \phi \cdot i_b \cdot \gamma_s (g \cdot D)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,05 \times 0,292 \times 2684,6 \times (9,81 \times 0,00105875)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{2684,6 - 1000}{1000} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,053850368 \text{ Kg/m.s}$$

Fraksi ukuran butir d3

Heading factor (ξ)

$$d3 = 0,000141 \text{ m}$$

$$\frac{d3}{X} = \frac{0,000141}{0,000491985}$$

$$= 0,28659384$$

$$\xi = 14$$

Faktor koreksi gaya angkat (Y)

$$\frac{D_{65}}{\delta} = 1,553907736$$

$$Y = 0,75$$

Intensitas aliran terkoreksi (Ψ)

$$\Psi_{d3} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \times \frac{d3}{Rb'S}$$

$$= \frac{2684,6 - 1000}{1000} \times \frac{0,000141}{0,0048 \times 0,01659697}$$

$$= 2,981661789$$

$$\begin{aligned}
\Psi &= \xi \cdot Y \left[\frac{\log(10,6)}{\log\left(\frac{10,6 \cdot x}{\Delta}\right)} \right]^2 \cdot \psi_{d3} \\
&= 14 \times 0,75 \times \left[\frac{\log(10,6)}{\log\left(\frac{10,6 \times 0,000491985}{0,000357143}\right)} \right]^2 \times 2,981661789 \\
&= 24,27381938
\end{aligned}$$

Maka $\phi = 0,001$ (Gambar 4.26)

Angkutan sedimen

$$\begin{aligned}
i_{BqBd3} &= \phi_* \cdot i_b \cdot \gamma_s (g \cdot D)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right)^{\frac{1}{2}} \\
&= 0,001 \times 0,564 \times 2684,6 \times (9,81 \times 0,000141)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{2684,6 - 1000}{1000} \right)^{\frac{1}{2}} \\
&= 0,00010110 \text{ Kg/m.s}
\end{aligned}$$

Angkutan sedimen total Sungai Code Jembatan Kamdanen

$$\begin{aligned}
i_{BqB \text{ total}} &= i_{BqBd1} + i_{BqBd2} + i_{BqBd3} \\
&= 0 + 0,053850368 + 0,00010110 \\
&= 0,05395147 \text{ Kg/m.s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
i_{BqB} &= i_{BqB \text{ total}} \times B \\
&= 0,05395147 \times 10 \\
&= 0,5395147 \text{ Kg/s}
\end{aligned}$$

Volume angkutan sedimen

$$\begin{aligned}
\text{Vol } i_{BqB} &= \frac{i_{BqB}}{\rho_s - \rho_w} \\
&= \frac{0,5395147 \text{ Kg/s}}{2684,6 - 1000 \text{ Kg/m}^3} \\
&= 0,00032025 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

Angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen dalam 1 hari adalah

$$\begin{aligned} i_{BQB \text{ hari}} &= \text{Vol } i_{BQB} \times 24 \times 60 \times 60 \\ &= 0,00032025 \times 24 \times 60 \times 60 \\ &= 27,66990266 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jika dimasukkan ke dalam tabel, analisis perhitungan angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen adalah sebagai berikut :

Tabel 4.48 Jumlah angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Kamdanen metode Einstein 1950

Keterangan	Fraksi butiran		
	d1	d2	d3
D (m)	0,02262	0,001059	0,000141
Ib (%)	14,4	29,2	56,4
Rb' (m)	0,0048	0,0048	0,0048
ξ	1	1	14
Y	0,75	0,75	0,75
ψ	278,206	13,019	24,273819
ϕ	0	0,050	0,001
ibqb (Kg/m.s)	0	0,0539	0,000101
ibqb total (Kg/m.s)	0,054		
ibqb x B (Kg/s)	0,540		
vol ibqb (m ³ /s)	0,00032		
ibqb hari (m ³ /hari)	27,670		

2. Angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Plemburan

Analisis perhitungan angkutan sedimen terlampir, hasil analisis perhitungan angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Plemburan :

Tabel 4.49 Jumlah angkutan sedimen Sungai Code Jembatan Plemburan metode Einstein 1950

Keterangan	Fraksi butiran		
	d1	d2	d3
D (m)	0,01429	0,001059	0,000141
Ib (%)	22	49,27	28,73
Rb' (m)	0,0099	0,0099	0,0099
ξ	1	1	35
Y	0,55	0,55	0,55
ψ	100,867	7,471	71,825
ϕ	0	0,060	0
ibqb (Kg/m.s)	0	0,1078	0
ibqb total (Kg/m.s)	0,108		
ibqb x B (Kg/s)	1,358		
vol ibqb (m ³ /s)	0,00081		
ibqb hari (m ³ /hari)	70,363		

3. Angkutan sedimen pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Hasil analisis perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Einstein pada Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar adalah sebagai berikut :

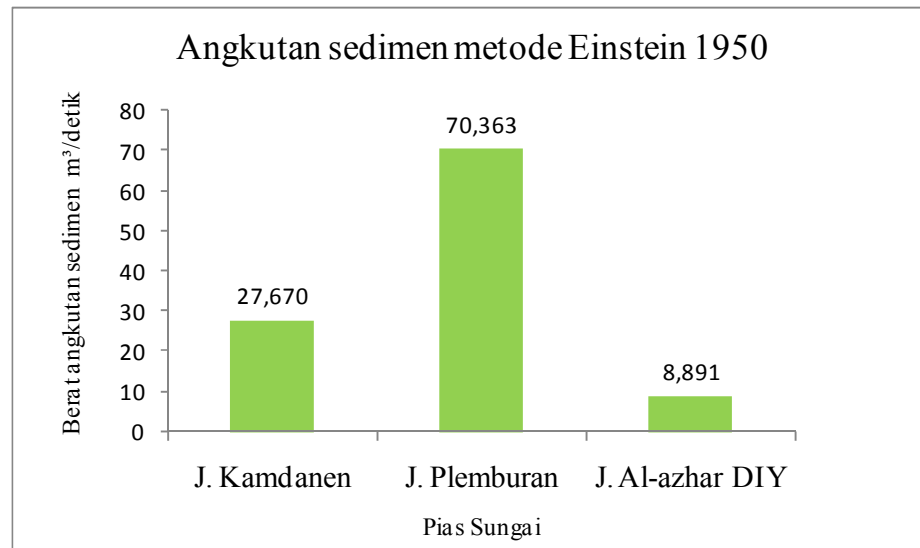
Tabel 4 50 Jumlah angkutan sedimen Sungai Code Jembatan Ringroad Al-Azhar

Keterangan	Fraksi butiran		
	d1	d2	d3
D (m)	0,01429	0,001059	0,000141
Ib (%)	11,23	52,27	36,50
Rb' (m)	0,0027	0,0027	0,0027
ξ	1	1	25
Y	0,75	0,75	0,75
ψ	229,133	19,063	63,467
ϕ	0	0,005	0
ibqb (Kg/m.s)	0	0,0096	0
ibqb total (Kg/m.s)	0,00957		
ibqb x B (Kg/s)	0,1723		
vol ibqb (m ³ /s)	0,00010		
ibqb hari (m ³ /hari)	8,891		

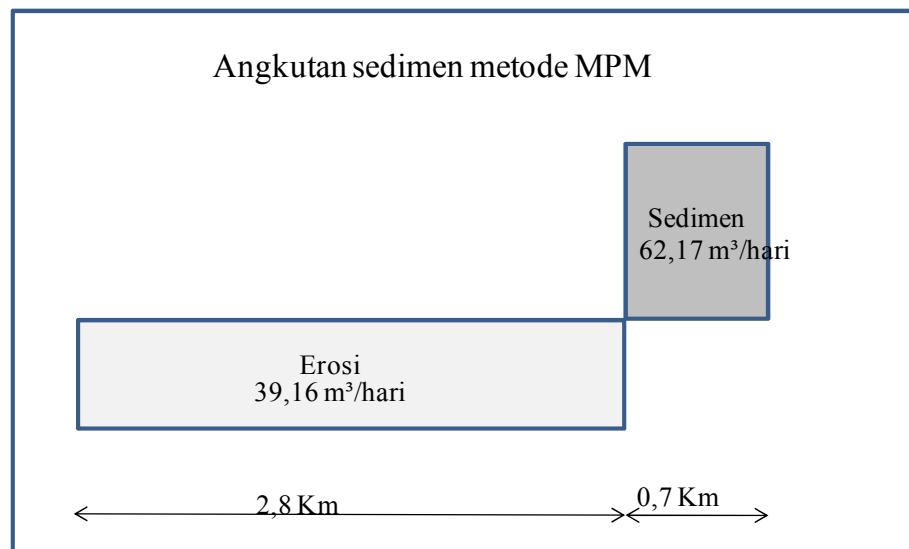
Angkutan sedimen pada Sungai Code Hulu setiap pias sungai menurut metode Einstein adalah sebagai berikut :

Tabel 4.51 Jumlah angkutan sedimen pada Sungai Code metode Einstein 1950

No	Titik tinjauan	Angkutan sedimen (ibqb)	
		m ³ /detik	m ³ /hari
1	Jembatan Kamdanen	0,000320	27,670
2	Jembatan Plemburan	0,000814	70,363
3	Jembatan Ringroad Al-azhar	0,000103	8,891



Gambar 4.29 Diagram angkutan sedimen pada Sungai Code metode Einstein



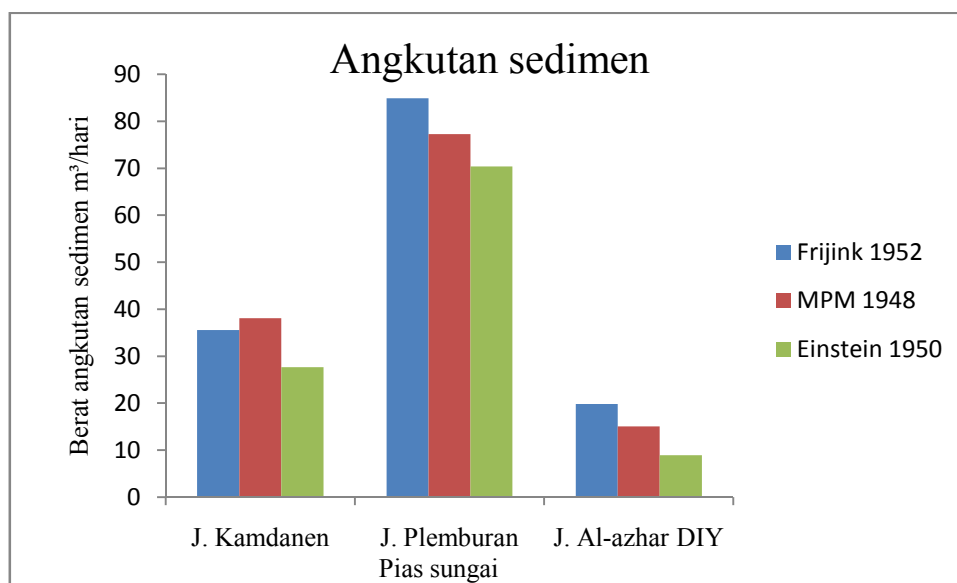
Gambar 4.30 Ilustrasi angkutan sedimen metode Einstein

Hasil analisis perhitungan angkutan sedimen pada Sungai Code Hulu untuk setiap metode dapat dilihat pada Tabel 4.52 dibawah ini, diketahui nilai angkutan sedimen setiap metode berbeda namun mendekati, nilai angkutan sedimen pada

Sungai Code menggunakan metode Frijlink, MPM dan Einstein dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.52 Jumlah angkutan Sedimen pada Sungai Code Hulu

No	Titik tinjauan	Frijink 1952		MPM 1948		Einstein 1950	
		m ³ /detik	m ³ /hari	m ³ /detik	m ³ /hari	m ³ /detik	m ³ /hari
1	J. Kamdanen	0,00004114	35,544	0,00044061	38,069	0,00032	27,670
2	J. Plemburan	0,00007848	85,433	0,00089386	77,230	0,00081	70,363
3	J. Al-azhar DIY	0,00001273	19,794	0,00017429	15,059	0,0001	8,891

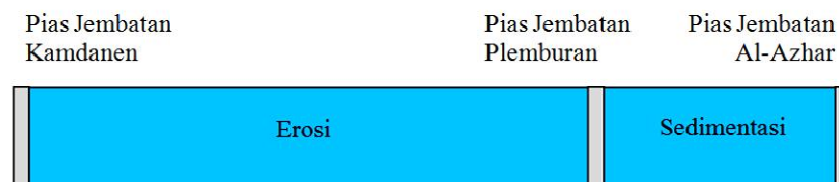


Gambar 4.31 Diagram jumlah angkutan sedimen pada Sungai Code Hulu

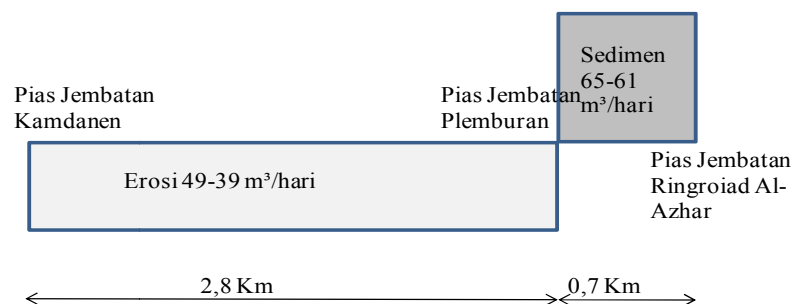
Jika diilustrasikan pada gambar di bawah, nilai angkutan sedimen pada Sungai Code Hulu dari ke tiga metode memiliki hasil yang mendekati, pada pias Jembatan Kamdanen nilai angkutan sedimen yang terjadi menurut metode Frijlink adalah 35,54 m³/hari, dan metode MPM adalah 38,069 m³/hari, sedangkan metode Einstein adalah 27,67 m³/hari. Kemudian pada pias selanjutnya di Jembatan Plemburan nilai angkutan sedimen yang diterima menurut metode Frijlink adalah 84,87 m³/hari, dan metode MPM adalah 77,230 m³/hari, sedangkan metode Einstein adalah 70,363 m³/hari, dari hasil yang didapatkan diketahui adanya penambahan sedimen dari erosi dasar sungai atau lainnya sepanjang pias dari Jembatan Kamdanen ke Jembatan Plemburan dengan selisih volume 39-49 m³/hari tiap metode. Hal ini dapat menyebabkan dampak terhadap sempadan di

sekitar daerah aliran sungai, erosi dari dasar sungai lambat laun akan menyebabkan erosi tebing sungai, bahkan jika erosi terjadi di bawah pilar jembatan, maka akan terjadi pengikisan dan berdampak pada runtuhnya jembatan.

Sedangkan nilai angkutan sedimen yang diterima pada pias Jembatan Ringroad Al-Azhar menurut metode Frijlink adalah $19,794 \text{ m}^3/\text{hari}$, dan metode MPM adalah $15,059 \text{ m}^3/\text{hari}$, sedangkan metode Einstein adalah $8,891 \text{ m}^3/\text{hari}$, maka dapat disimpulkan sepanjang pias Sungai dari Jembatan Plemburan menuju Jembatan Ringroad Al-Azhar adanya penumpukan sedimen sebesar $62-65 \text{ m}^3/\text{hari}$, penumpukan sedimen dasar sungai dengan jumlah yang sangat besar tentu akan memberikan dampak pada daerah sekitar aliran sungai, penumpukan sedimen atau sedimentasi dasar sungai ini memberikan dampak pada pendangkalan dasar sungai, dan jika sedimentasi pada suatu saat nanti membesar maka akan mengakibatkan banjir di sekitar daerah aliran sungai. Terlebih lagi, jika erupsi Gunung Merapi terjadi dan menyebabkan banjir lahar dingin, hal ini pastinya akan menambah jumlah sedimen di dasar sungai sehingga menyebabkan banjir yang besar. Jika sedimentasi pada setiap pias Sungai Code dibiarkan tanpa adanya perawatan maka dapat dipastikan lambat laun ke depannya akan mengakibatkan dampak di sekitar daerah aliran sungai.



Gambar 4.32 Ilustrasi sedimentasi pada Sungai Code Hulu tampak atas



Gambar 4.33 Ilustrasi sedimentasi pada Sungai Code Hulu tampak samping

Besarnya jumlah angkutan sedimen mempengaruhi kualitas air pada parameter kekeruhan dan Total Dissolved Solid (TDS), dimana semakin besar jumlah angkutan sedimen maka semakin keruh air pada sungai tersebut, kekeruhan dapat berasal dari material suspensi atau kandungan organik/anorganik. Dalam penelitian, hasil kekeruhan dan TDS berada di bawah syarat parameter dari baku mutu air, sehingga air dalam keadaan jernih. Jika dibandingkan dengan survey lapangan sepanjang pias dari Jembatan Kamdanen menuju Jembatan Ringroad Al-Azhar air terlihat jernih, sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah angkutan sedimen yang didapat tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan kualitas airnya.