

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data Sebagai Input Dalam Software SMS 8.1.

Dalam studi ini software SMS 8.1 digunakan untuk melakukan simulasi pemodelan pola aliran dan pola sebaran sedimen sungai. Simulasi pemodelan pola aliran sungai dalam software SMS 8.1 menggunakan tahapan model RMA2, sedangkan simulasi pemodelan pola sebaran sedimen sungai menggunakan tahapan model SED2D.

4.1.1. Pemodelan Pola Aliran Sungai.

Dalam tahapan pemodelan RMA2 data yang diperlukan untuk pemodelan pola aliran sungai adalah debit sungai dengan satuan m^3/det dan elevasi muka air dengan satuan meter. Data debit sungai yang telah didapatkan secara *given* sudah terkonversi menjadi satuan tersebut, sehingga tidak diperlukan pengolahan data lagi dapat dilihat pada tabel 3.1

Sedangkan data elevasi muka air didapatkan dari perhitungan tinggi muka air dengan menggunakan pendekatan rumus empiris pelimpah untuk ambang lebar dapat dilihat pada persamaan 2-17, dengan menggunakan persamaan tersebut, dan menggunakan asumsi awal $C = 2$, data teknis bendung PLTA Genyem, dan menggunakan $Q_{100\ th} = 901,34 m^3/det$, didapatkan nilai a dengan cara *trial* sebesar $= 0,566$

Sedangkan lebar efektif mercu bendung didapat dengan menggunakan rumus persamaan 2-20, dengan menggunakan asumsi $K_p = 0,02$ dan $K_a = 0,1$ (Harga Koeffisien K_a dan K_p KP-02) dan data teknis bendung PLTA Genyem dengan $h = 0,372 m$, lebar efektif bendung adalah sebesar $49,911 m$. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan tinggi muka air bendung dengan debit perhitungan yang telah ditentukan.

Tabel 4.1. Perhitungan Tinggi Muka Air

Kala Ulang	Debit	C	L.Efektif	H	Elevasi
	(m ³ /detik)	(m ^{1/2} /dt)	(m)	(m)	(mdpl)
Rerata	18.990	1.674	49.911	0.372	414.872
2th	458.418	2.025	49.337	2.762	417.262
5th	578.753	2.070	49.236	3.183	417.683
10th	657.222	2.096	49.175	3.438	417.938
25th	755.596	2.126	49.102	3.742	418.242
50th	828.393	2.146	49.050	3.957	418.457
100th	901.343	2.164	49.000	4.165	418.665

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.2. Pemodelan Pola Sebaran Sedimen

Dalam tahapan pemodelan SED2D data yang diperlukan untuk pemodelan pola sebaran sedimen sungai adalah data konsentrasi sedimen dengan satuan kilogram/meter³ dan data butiran sedimen pada lokasi studi.

Data yang diperoleh dalam studi ini adalah data debit dengan satuan meter³/detik, dan data laju sedimen dengan satuan m³/detik dapat dilihat pada tabel 3.2, maka diperlukan tahapan konversi untuk memenuhi kebutuhan input data dalam pemodelan SED2D, berikut adalah perhitungannya:

$$\text{Input SED2D} = \text{Sedimen/Debit (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Sedimen Rerata} = 0,0065 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Berat Jenis Sedimen} = 2,6 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Sedimen Rerata} = 0,0065 \times 10^6 \times \frac{2,6}{1000}$$

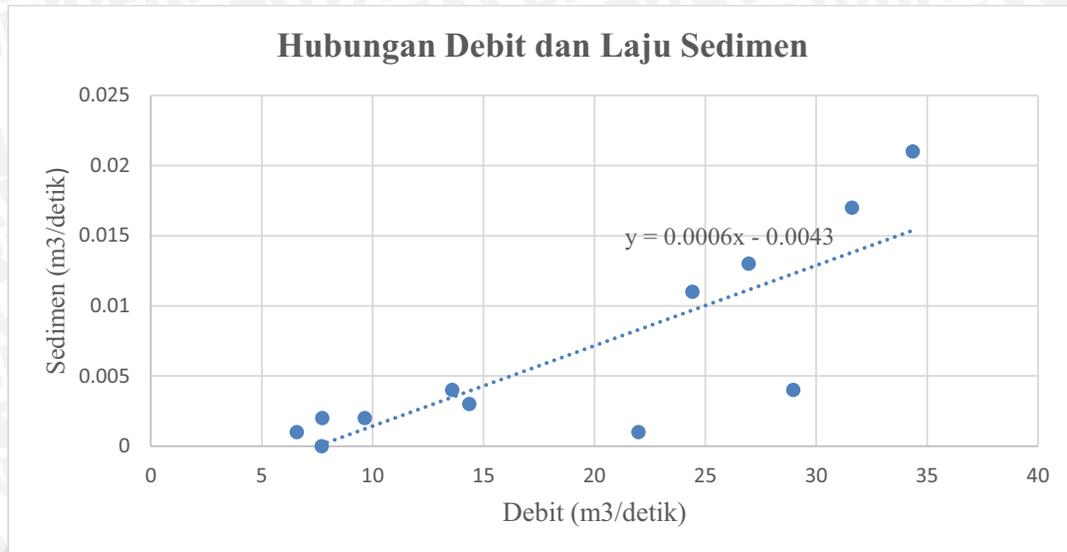
$$\text{Sedimen Rerata} = 16,90 \text{ kg/detik}$$

$$\text{Debit Rerata} = 18,99 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Input SED2D} = 16,90/18,99$$

$$= 0,89 \text{ kg/m}^3 \text{ (Rerata)}$$

Sedangkan untuk mencari laju sedimen pada saat banjir, diperlukan persamaan hubungan antara debit dan laju sedimen, berikut adalah hasil perhitungan hubungan antara debit dan laju sedimen pada lokasi studi yang berdasarkan data yang telah ada:



Gambar 4.1. Hubungan Debit dan Sedimen Inflow DAS Genyem
 Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk mencari laju sedimen pada saat banjir, nilai besaran debit banjir digunakan sebagai nilai untuk mencari laju sedimen dengan cara memasukkan nilai debit banjir pada konstanta x di persamaan diatas, dan berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan untuk input software SMS 8.1:

Tabel 4.2. Rekapitulasi Perhitungan

Kala Ulang	Debit	Sedimen	Sedimen
	(m3/detik)	(kg/detik)	(kg/m3)
Rerata	18.990	16.900	0.890
Q 2th	458.418	703.952	1.536
Q 5 th	578.753	891.674	1.541
Q 10 th	657.222	1014.086	1.543
Q 25 th	755.596	1167.550	1.545
Q 50 th	828.393	1281.113	1.547
Q 100 th	901.343	1394.916	1.548

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 3.4 pada bab 3 telah terdapat rekapitulasi hasil uji laboratorium sampel bed load yang nantinya digunakan untuk input dalam pemodelan SED2D, dan berikut ini adalah rerata dari dari rekapitulasi hasil uji laboratorium sampel bed load:

- D35 = 0,098 mm
- D50 = 0,127 mm
- D65 = 0,152 mm
- D90 = 0,221 mm

- Berat Jenis = $2,6 \text{ gr/cm}^3$

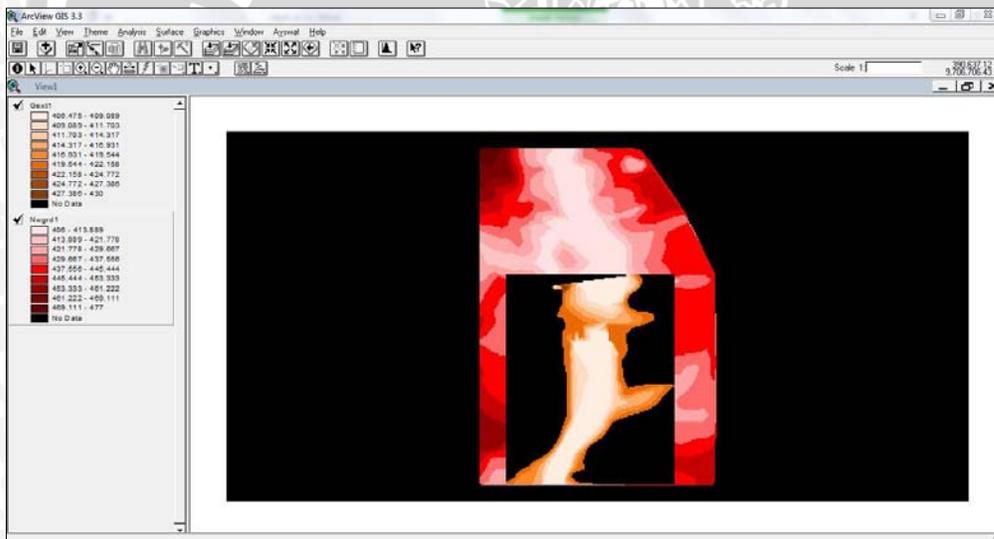
Dari data tersebut dengan menggunakan diagram pada gambar 2.4 didapatkan kecepatan endap sedimen sebesar $0,017 \text{ m/det}$, nantinya data kecepatan endap sedimen ini digunakan sebagai input dalam *global parameter* pada SED2D

4.2. Simulasi Pemodelan Dalam Software SMS 8.1

4.2.1. Pembentukan Model Sungai Dalam Software SMS 8.1.

Dalam simulasi pemodelan pola aliran dan pola sebaran sedimen diperlukan prototipe sungai sebagai pemodelan dalam simulasi numerik ini, pemodelan sungai dalam Software SMS 8.1 dibentuk dalam pemodelan GFGEN. Data yang diperlukan dalam tahap ini adalah data topografi dasar sungai, poligon sungai dan data teknis bendung PLTA Genyem. Berikut adalah tahapan pembentukan model sungai :

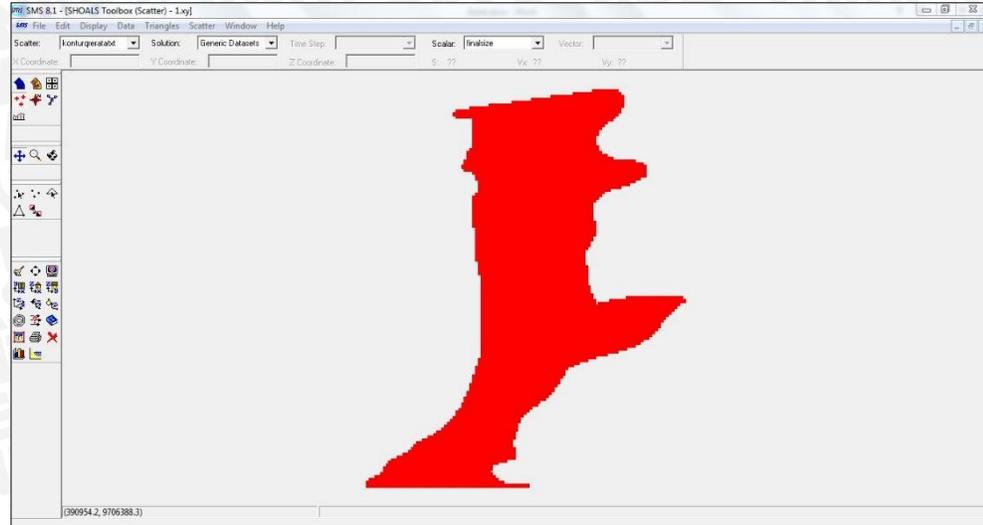
1. Data topografi dasar sungai yang berasal dari CAD di modelkan dalam bentuk DEM menggunakan bantuan software areview, tahap ini berguna untuk memperhalus garis elevasi kontur terhadap elevasi di sekitarnya.



Gambar 4.2. Peta Kontur dalam bentuk DEM

Sumber : Hasil Simulasi

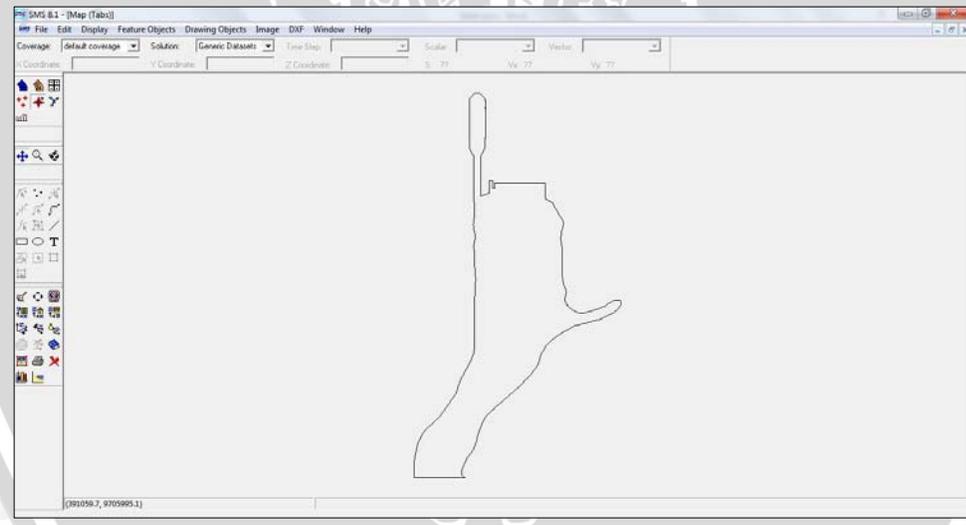
2. DEM di konversikan dalam bentuk format xyz file atau bentuk format lain yang dapat di panggil oleh software SMS 8.1.
3. Buka file tersebut dalam bentuk *scatter* pada software SMS 8.1, *scatter* ini nantinya akan menjadi titik-titik elevasi pada model sungai yang akan di modelkan.



Gambar 4.3. DEM Dalam Program SMS 8.1

Sumber : Hasil Simulasi

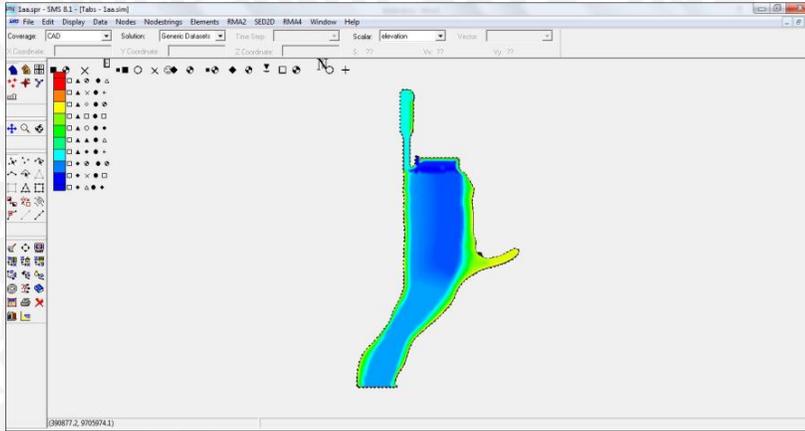
4. Buat poligon sungai yang akan dimodelkan melalui autocad atau software lain yang dapat menyimpan poligon dalam bentuk dxf, lalu buka dxf tersebut dalam bentuk map pada software SMS 8.1.



Gambar 4.4. Tampilan Poligon Sungai Dalam Program SMS 8.1

Sumber : Hasil Simulasi

5. Setelah semua data yang diperlukan telah terbuka pada SMS 8.1 maka konversikan kedua data tersebut menjadi mesh melalui perintah map>2D mesh. Mesh inilah yang akan menjadi prototipe sungai dalam studi ini.



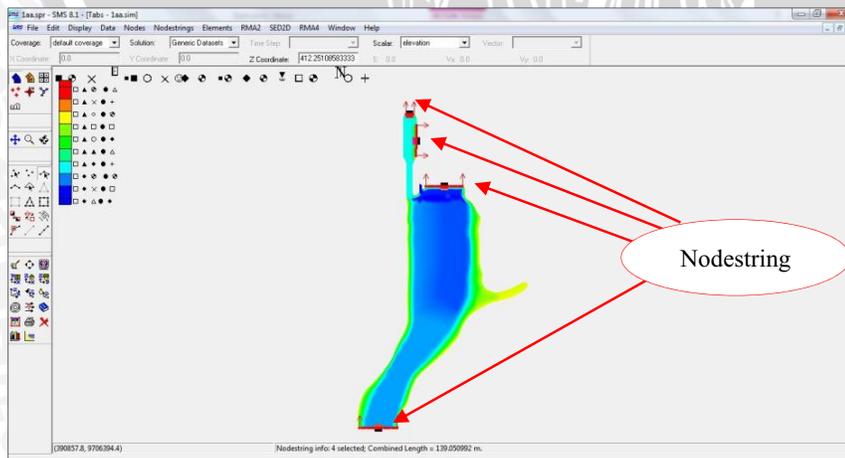
Gambar 4.5. Tampilan *mesh* Dalam Program SMS 8.1
 Sumber : Hasil Simulasi

4.2.2. Simulasi Pemodelan Pola Aliran Software SMS 8.1.

Setelah semua data-data dasar telah disiapkan, maka simulasi pemodelan pola aliran dan pola sebaran sedimen dapat dilakukan. Dalam simulasi pemodelan pola aliran dan pola sebaran sedimen, model analisis yang digunakan dalam software SMS 8.1 adalah pemodelan RMA2 dan SED2D, dimana RMA2 digunakan untuk pemodelan pola aliran dan SED2D digunakan untuk pemodelan pola sebaran sedimen.

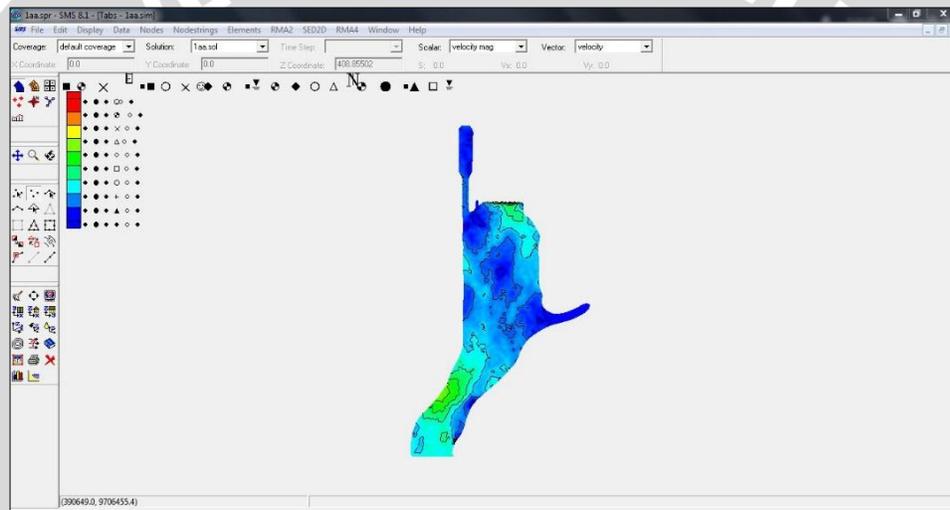
Dalam pemodelan ini, pemodelan RMA2 harus dilakukan terlebih dahulu sebelum pemodelan SED2D untuk menganalisa pola sebaran sedimen. Berikut adalah langkah-langkah analisa dalam pemodelan RMA2 :

1. Masuk dalam *mesh module* pada software SMS 8.1.
2. Lalu buat *nodestring* pada pemodelan *mesh* yang telah jadi sebagai input aliran air yang masuk dan keluar pada pemodelan. *Nodestring* ini digunakan untuk memberikan arah aliran air pada pemodelan.



Gambar 4.6. Nodestring Pada Pemodelan
 Sumber : Hasil Simulasi

3. Setelah semua nodestring dalam pemodelan telah ada, masukkan input pada masing-masing nodestring dengan cara select nodestring > RMA2 > assign BC. Pada studi ini nodestring pada hulu pemodelan menggunakan input data debit, dan pada hilir pemodelan menggunakan data elevasi muka air yang telah ada pada perhitungan sebelumnya.
4. Masuk ke model control dalam RMA2, dalam model control ini terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk mengatur dalam simulasi pemodelan.
5. Setelah parameter dalam model control telah diisi sesuai kebutuhan simulasi maka pemodelan dapat di simulasikan, masuk ke RMA2 > Run RMA2
6. Pemodelan pola aliran air dapat dibuka dengan perintah Data > Data Browser > import > pilih solution pemodelan > open > done

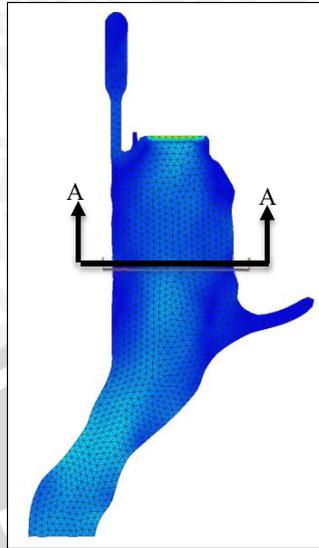


Gambar 4.7. Hasil Pemodelan RMA2

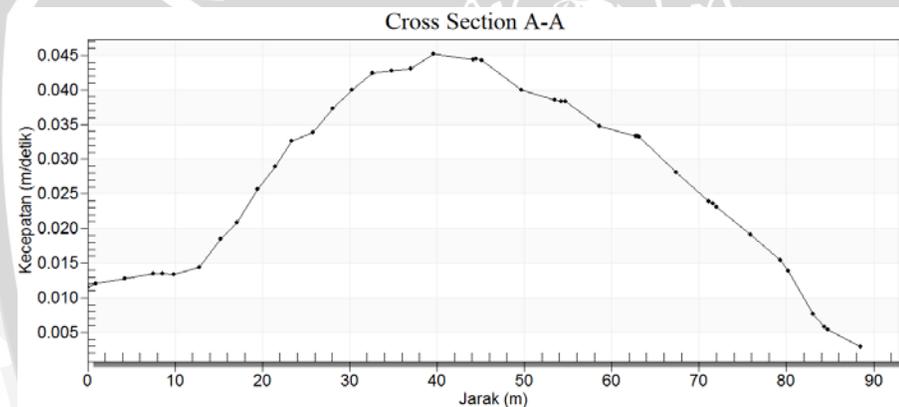
Sumber : Hasil Simulasi

Setelah pemodelan pola aliran air atau RMA2 berhasil dimodelkan, tahapan selanjutnya adalah kalibrasi pemodelan pola aliran air dengan membandingkan dengan data pengukuran debit di lapangan. Pada tabel 3.5 telah terdapat beberapa data debit saat pengukuran di lapangan, dan pada kalibrasi ini data yang digunakan untuk kalibrasi adalah data pengukuran debit sungai rerata yaitu sebesar 10,121 m³/detik, dan debit sungai maksimum saat pengukuran yaitu sebesar 15,110 m³/detik.

Dikarenakan hasil pada pemodelan adalah nilai kecepatan, maka untuk mencari debit pada pemodelan diperlukan data cross section pemodelan dan data kecepatan pada pemodelan.



Gambar 4.8. Potongan Melintang A-A
Sumber : Hasil Simulasi



Gambar 4.9. Profil Kecepatan Pada Potongan A-A
Sumber : Hasil Simulasi



Gambar 4.10. Potongan Melintang Sungai
Sumber : Lembaga UUK BPP FT-UB

Untuk mencari debit sungai pada pemodelan, kecepatan pada cross section diambil reratanya, yaitu sebesar 0,027 m/detik, dan luasan penampang basah pada

saat debit rerata adalah sebesar 586,132 m², sehingga didapatkan debit pada pemodelan yaitu sebesar 16,040 m³/detik.

Kalibrasi dihitung dengan menggunakan absolute error dengan persamaan sebagai berikut :

$$Absolute\ error = \left| \frac{X\ Numerik - X\ Lapangan}{X\ Lapangan} \right| \times 100\% \quad (4-5)$$

dengan:

$X\ Numerik$: Variabel Hasil Pemodelan

$X\ Lapangan$: Variabel Pengukuran Lapangan

Maka hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

$$Absolute\ error = \left| \frac{16,040 - 10,121}{10,121} \right| \times 100\%$$

$$Absolute\ error = 58,47\% \rightarrow \text{Menggunakan data pengukuran lapangan rerata}$$

Terjadi perbedaan yang sangat besar dikarenakan perbedaan data debit pengukuran lapangan dan pemodelan, karena data pengukuran lapangan tidak mencakup seluruh kondisi aliran sungai, dan berikut adalah perhitungan kalibrasi dengan menggunakan data debit pengukuran lapangan maksimum:

$$Absolute\ error = \left| \frac{16,040 - 15,110}{15,110} \right| \times 100\%$$

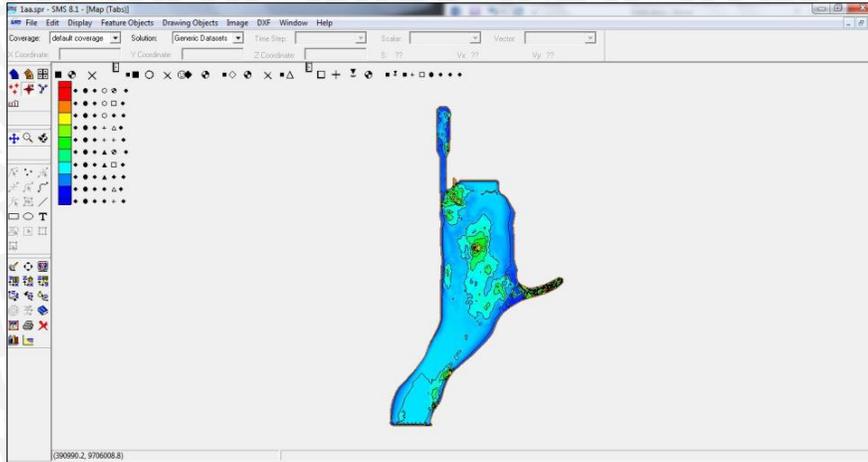
$Absolute\ error = 6,155\% \rightarrow$ Kalibrasi dapat diterima karena nilai *absolute error* < 20 %

4.2.3. Simulasi Pemodelan Pola Sebaran Sedimen Software SMS 8.1.

Setelah pemodelan pola aliran air atau RMA2 berhasil dimodelkan, tahapan selanjutnya melakukan pemodelan pola sebaran sedimen atau SED2D, berikut adalah tahapan untuk memodelkan pola sebaran sedimen :

1. Masuk dalam *mesh module* pada software SMS 8.1.
2. Masuk pada SED2D > Global Parameters, pada tahap ini terdapat parameter untuk sedimen yang akan disimulasikan, data yang dimasukkan adalah data sedimen pada lokasi studi
3. Setelah global parameters telah diisi sesuai kebutuhan simulasi, klik *nodestring* pada hulu, lalu masukkan data sedimen inflow melalui perintah SED2D > Assign BC
4. Masuk SED2D > Model Control, pada tahap ini bertujuan untuk mengatur simulasi pemodelan sedimen, salah satunya adalah untuk mengatur waktu simulasi yang akan berlangsung pada saat pemodelan.
5. Setelah itu masuk ke SED2D > Run SED2D, proses simulasi akan berlangsung sesuai dengan waktu yang ditentukan pada model control.

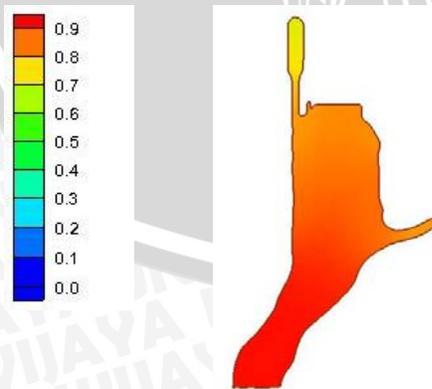
6. Pemodelan pola sebaran sedimen dapat dibuka dengan perintah Data > Data Browser > import > pilih solution pemodelan > open > done



Gambar 4.11. Hasil Pemodelan SED2D
Sumber : Hasil Simulasi

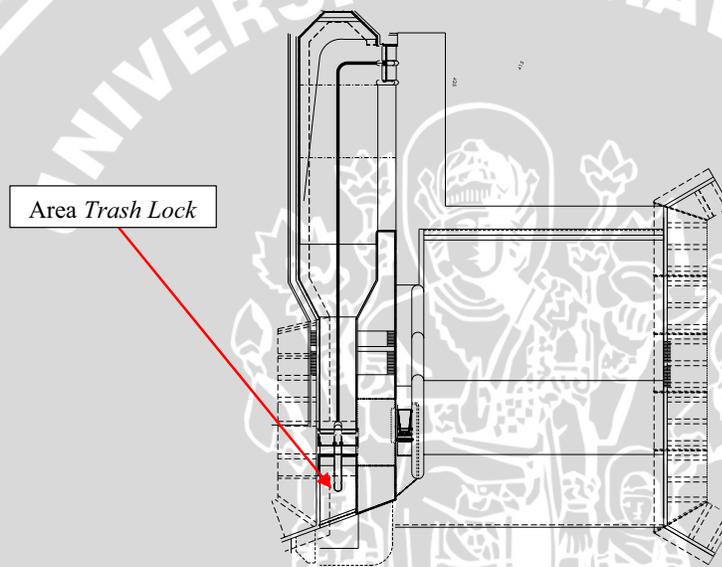
Simulasi pemodelan akan dimodelkan dalam waktu 24 jam, sehingga setelah simulasi selesai dapat menggambarkan pola sebaran sedimen pada Bendung PLTA Genyem dalam 1 hari penuh dan dengan kondisi debit inflow normal dan debit inflow banjir.

Setelah pemodelan pola sebaran sedimen atau SED2D berhasil dimodelkan, tahapan selanjutnya adalah kalibrasi pemodelan pola sebaran sedimen dengan membandingkan dengan data pengukuran konsentrasi sedimen di lapangan. Pada tabel 3.4 dan 3.5 telah terdapat hasil uji laboratorium dari sampel *suspended load*, dan hasil pengukuran lapangan yang nantinya dapat dibandingkan dengan hasil pemodelan. Dan berikut adalah gambaran sebaran konsentrasi sedimen pada pemodelan.



Gambar 4.12. Pola Sebaran Konsentrasi Sedimen Pada Pemodelan
Sumber : Hasil Simulasi

Keterbatasan data lapangan adalah salah satu hambatan bagi studi ini, salah satu keterbatasannya adalah tidak lengkapnya data pengukuran pada lapangan, pada saat pengukuran konsentrasi sedimen di lapangan tidak diketahui debit *inflow* yang terjadi pada saat pengukuran, terdapat perbedaan nilai yang sangat jauh diantara data pengukuran lapangan pada posisi yang sama dengan hari yang berbeda, dan tidak terdapat posisi dan letak pada saat pengukuran. Maka kalibrasi yang akan dilakukan pada pemodelan kedua ini dilakukan pada satu titik di lokasi sungai yang memiliki kelengkapan data yang baik. Lokasi yang dipilih adalah area didepan trashlock pada hulu bendung, dan berikut adalah gambaran lokasi beserta nilai konsentrasi sedimen pada lokasi tersebut.



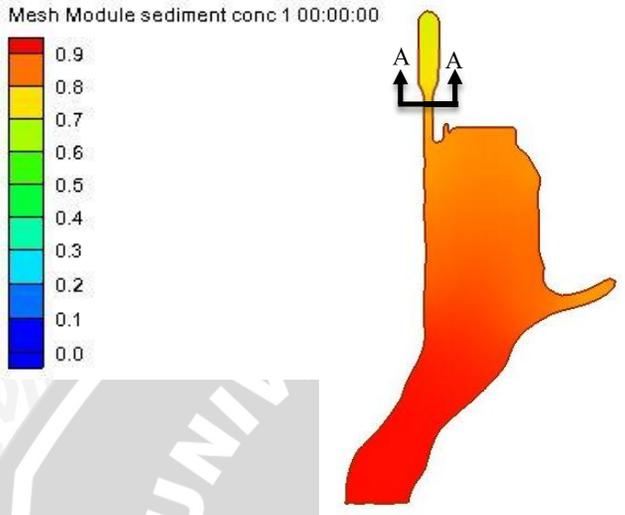
Gambar 4.13. Lokasi *Trash Lock* Pada Bendung
Sumber : Lembaga UUK BPP FT-UB

Tabel 4.3. Rekapitulasi Nilai Total Suspended Solid

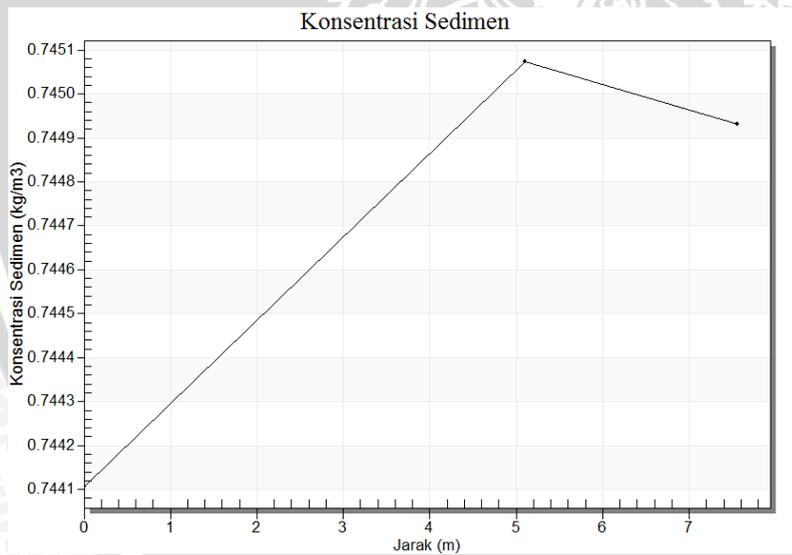
Lokasi	Tanggal	Waktu Pengambilan	Nilai TSS (mg/L)
Sampel Air Pada Uji Laboratorium			
5m Depan <i>Trash Lock</i>	4-Februari-2016	9:00	1200
5m Depan <i>Trash Lock</i>	4-Februari-2016	9:00	1030
20m Depan <i>Trash Lock</i>	4-Februari-2016	9:15	1360
20m Depan <i>Trash Lock</i>	4-Februari-2016	9:15	1040
Hasil In Situ Test			
Depan <i>Trash Lock</i>	17-Maret-2016	8:30	205
Depan <i>Trash Lock</i>	18-Maret-2016	8:30	250
Depan <i>Trash Lock</i>	19-Maret-2016	8:30	340
Nilai Rerata			639

Sumber: Hasil Perhitungan

Sama halnya dengan kalibrasi pada hasil pola aliran air, kalibrasi pada hasil pola sebaran sedimen juga menggunakan persamaan *absolute error* dengan membandingkan data hasil pengukuran dan data hasil dari pemodelan, dan berikut adalah nilai konsentrasi sedimen di area *trash lock* pada pemodelan.



Gambar 4.14. Potongan Melintang Konsentrasi Sedimen Pada Pemodelan
Sumber : Hasil Simulasi



Gambar 4.15. Nilai Konsentrasi Sedimen Pada Potongan Melintang
Sumber : Hasil Simulasi

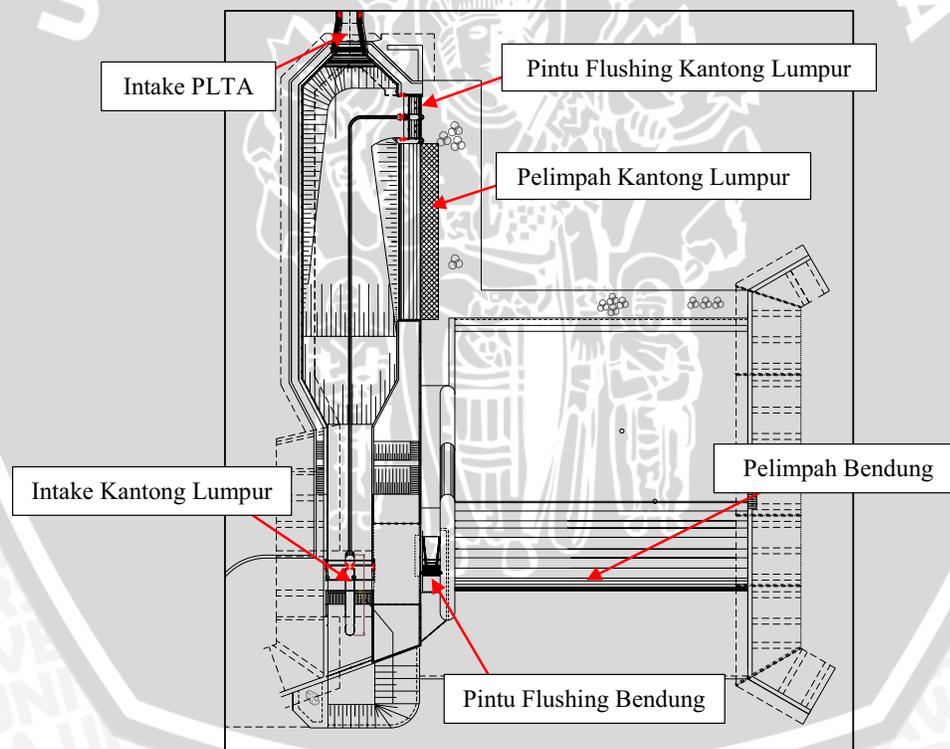
Nilai rerata pada potongan melintang tersebut adalah $0,745 \text{ kg/m}^3$, nilai satuan konsentrasi sedimen pada pemodelan dan pengukuran lapangan masih berbeda, dalam kalibrasi diperlukan satuan yang sama agar dapat diperoleh hasil dan perbandingan yang benar, dan berikut adalah perhitungan kalibrasi pada hasil pemodelan pola sebaran sedimen:

$$\begin{aligned} \text{Pengukuran Lapangan} &= 639 \text{ mg/L} \\ \text{Pengukuran Lapangan} &= 0,639 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Hasil Pemodelan} &= 0,745 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Absolute error} &= \left| \frac{0,639 - 0,745}{0,639} \right| \times 100\% \end{aligned}$$

$\text{Absolute error} = 16,53 \% \rightarrow$ Kalibrasi dapat diterima karena nilai *absolute error* $< 20 \%$

4.3. Analisis Hidrolika dan Sedimentasi Pada Sungai Kondisi Eksisting

Pada Bendung PLTA Genyem terdapat beberapa pintu flushing yang selalu dioperasikan dalam operasional PLTA untuk mengurangi endapan sedimen, akan tetapi pintu flushing tersebut belum dapat mengatasi permasalahan endapan sedimen yang cukup tinggi sehingga mengakibatkan terganggunya operasional PLTA. Maka dalam kajian ini perlu direncanakan beberapa skenario simulasi pemodelan yang nantinya diharapkan dapat menggambarkan permasalahan pada kondisi eksisting lokasi studi.



Gambar 4.16. Denah Bendung PLTA Genyem
Sumber : Lembaga UUK BPP FT-UB

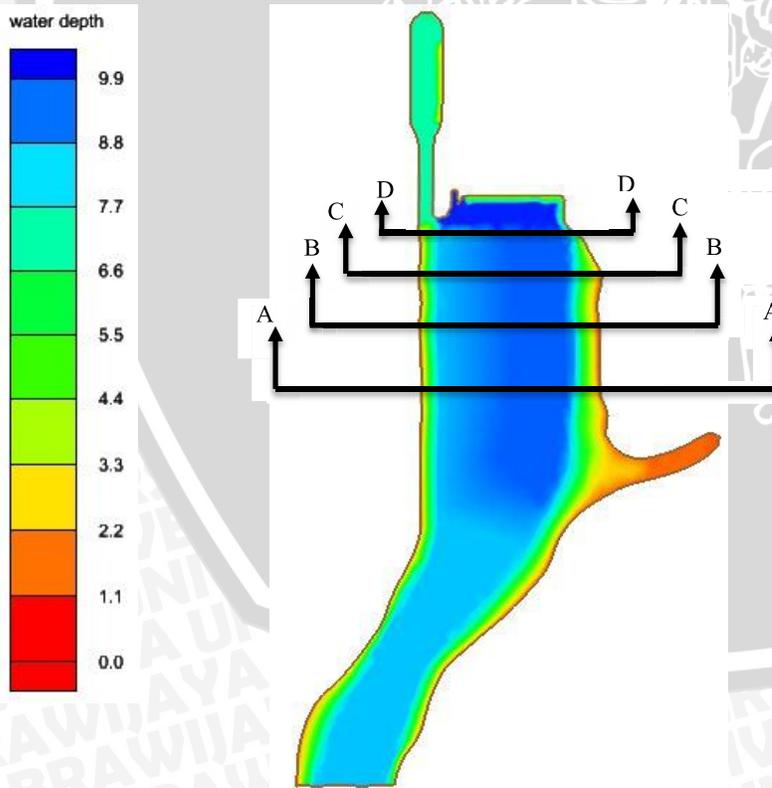
Muka air terendah pada pemodelan adalah +414,872 yaitu pada aliran air normal pada sungai, sehingga pada skenario pemodelan yang akan dibuat air akan selalu melimpas diatas pelimpah bendung maupun pelimpah kantong lumpur, dan intake PLTA selalu terbuka, sedangkan yang membedakan dari tiap skenario adalah

operasional pintu flushing pada bendung dan kantong lumpur pada lokasi studi. Berikut adalah skenario pemodelan yang akan di simulasikan pada pemodelan SMS 8.1 :

1. Pintu flushing bendung dan kantong lumpur tertutup.
2. Pintu flushing bendung terbuka, sedangkan pintu flushing kantong lumpur tertutup.
3. Pintu flushing bendung tertutup, sedangkan pintu flushing kantong lumpur terbuka.
4. Pintu flushing bendung dan kantong lumpur terbuka

Tiap skenario tersebut nantinya di simulasikan dengan aliran air normal pada sungai beserta debit banjir rancangan Q2 tahun dan Q50 tahun, sehingga nantinya diharapkan simulasi pada pemodelan tersebut dapat menggambarkan endapan sedimen pada saat aliran normal maupun kondisi banjir.

Pada kajian yang akan dilakukan pada tiap skenario diperlukan pembagian beberapa potongan melintang yang dapat mewakili dari seluruh pemodelan, dan berikut adalah potongan melintang pada pemodelan:

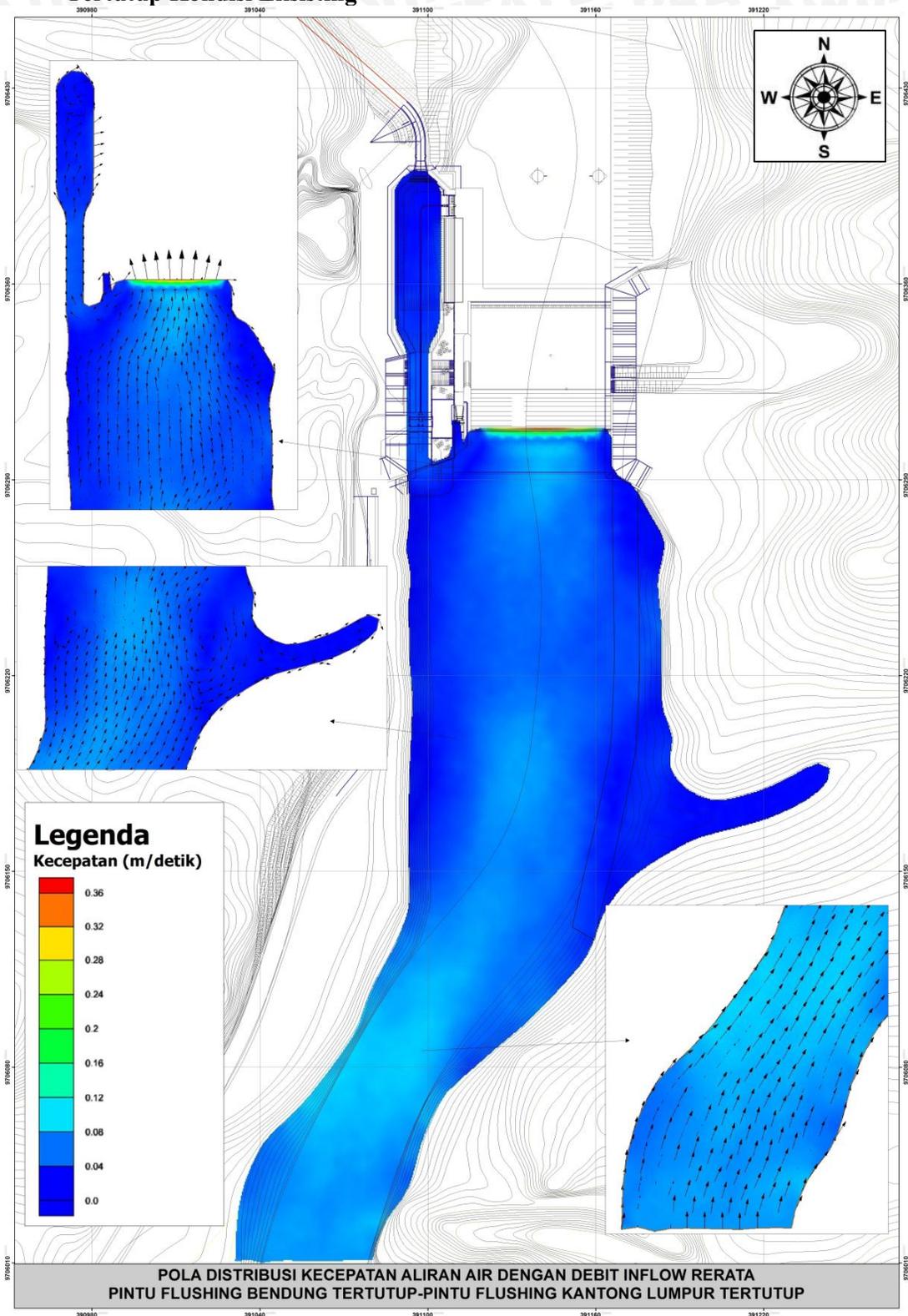


Gambar 4.17. Potongan Melintang Pada Kedalaman Pemodelan

Sumber : Hasil Simulasi

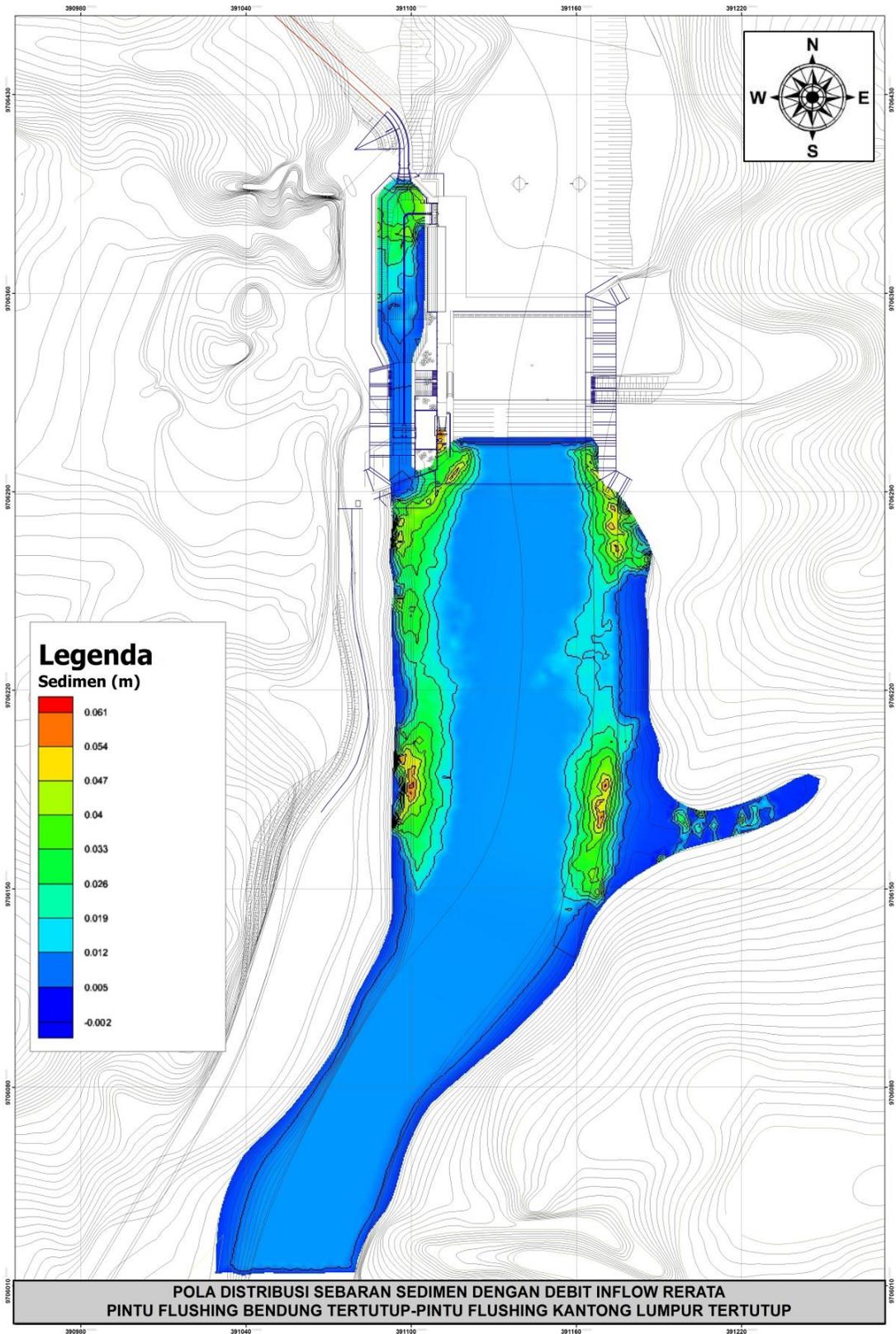
Dan berikut adalah pemodelan dan kajian dari tiap skenario:

4.3.1. Skenario Pemodelan Pintu Flushing Bendung dan Kantong Lumpur Tertutup Kondisi Eksisting

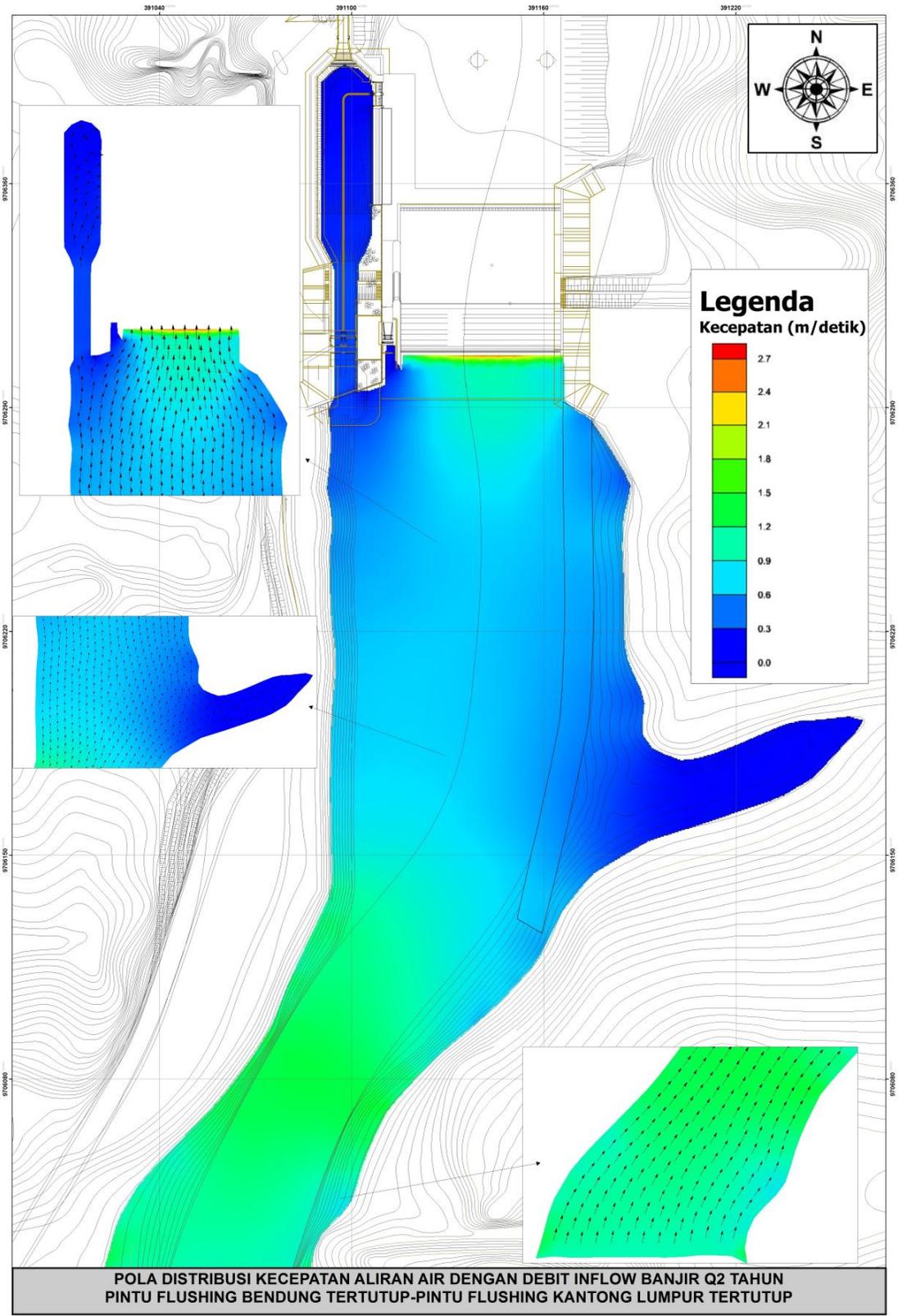


Gambar 4.18. Pola Aliran Air Kondisi Aliran Debit Rerata

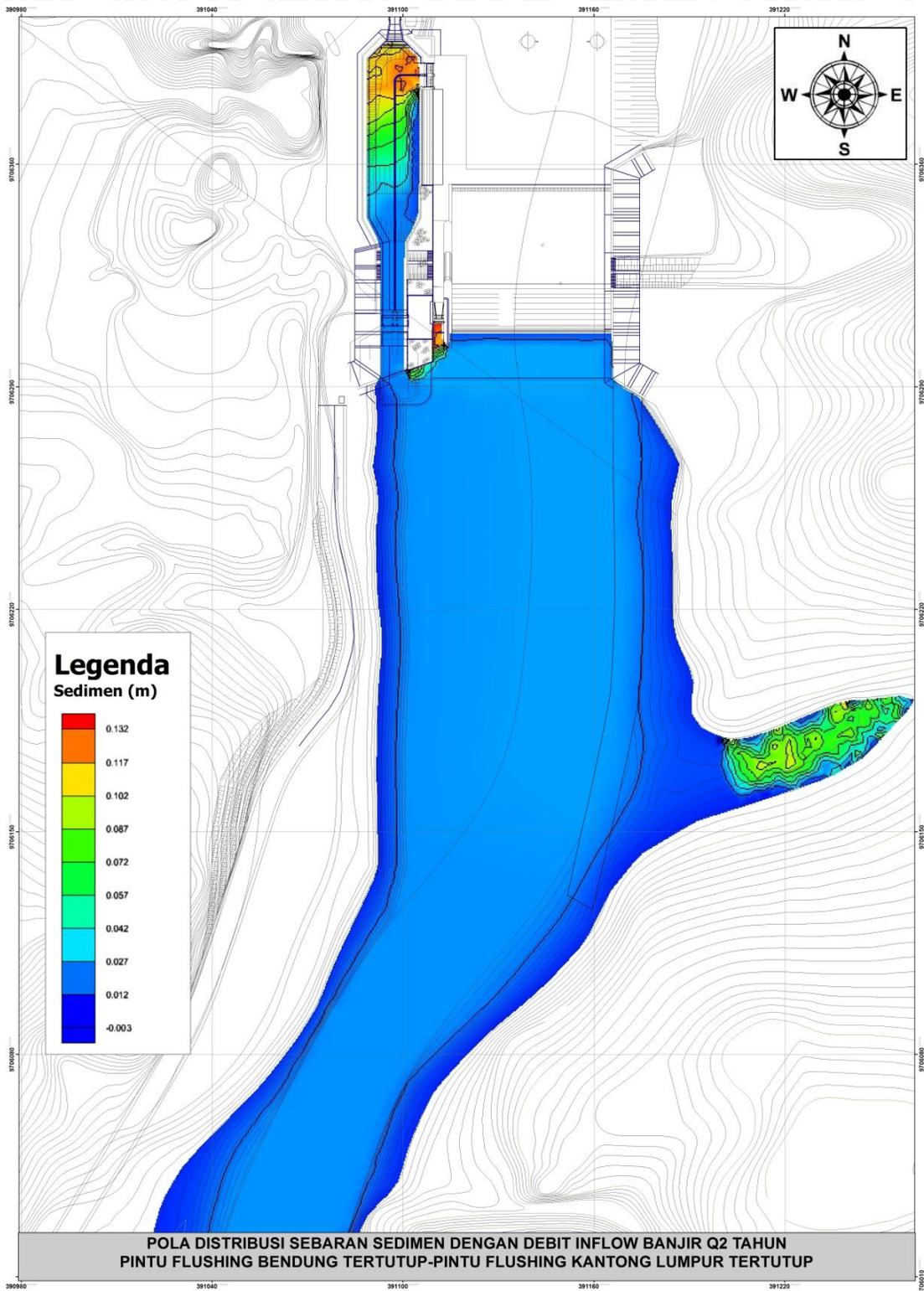
Sumber : Hasil Simulasi



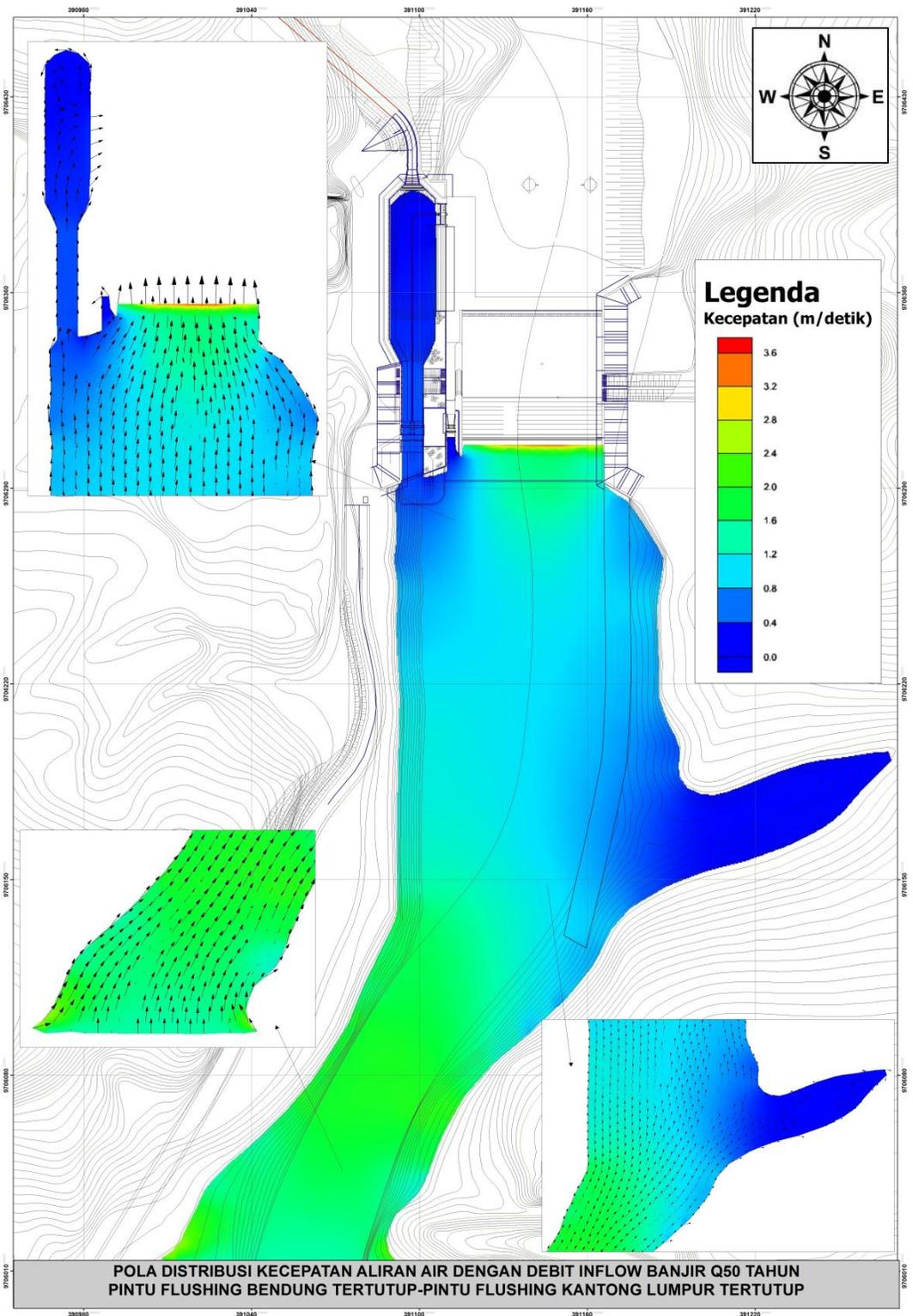
Gambar 4.19. Pola Sebaran Sedimen Kondisi Aliran Debit Rerata
Sumber : Hasil Simulasi



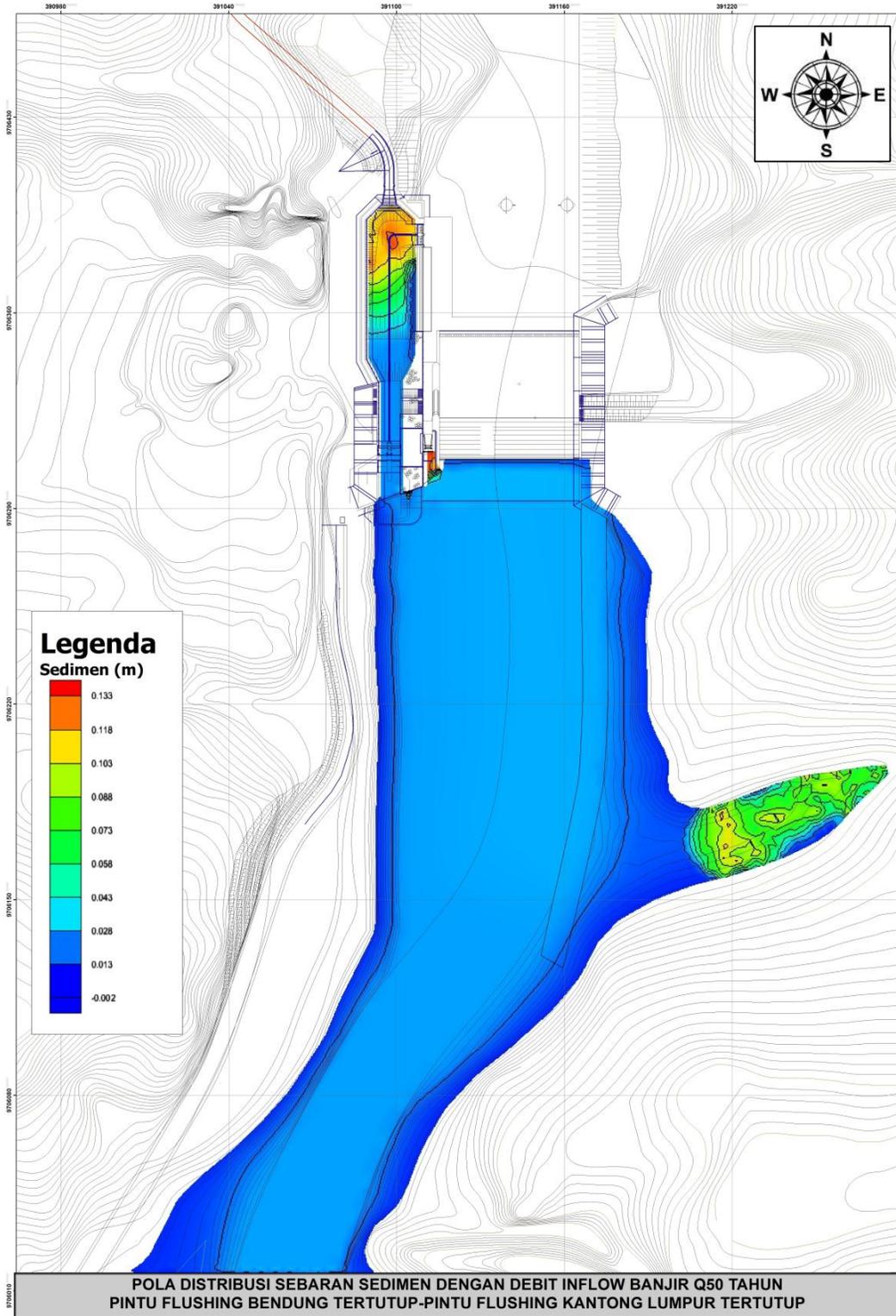
Gambar 4.20. Pola Aliran Air Kondisi Aliran Debit Banjir Q₂ Tahun
Sumber : Hasil Simulasi



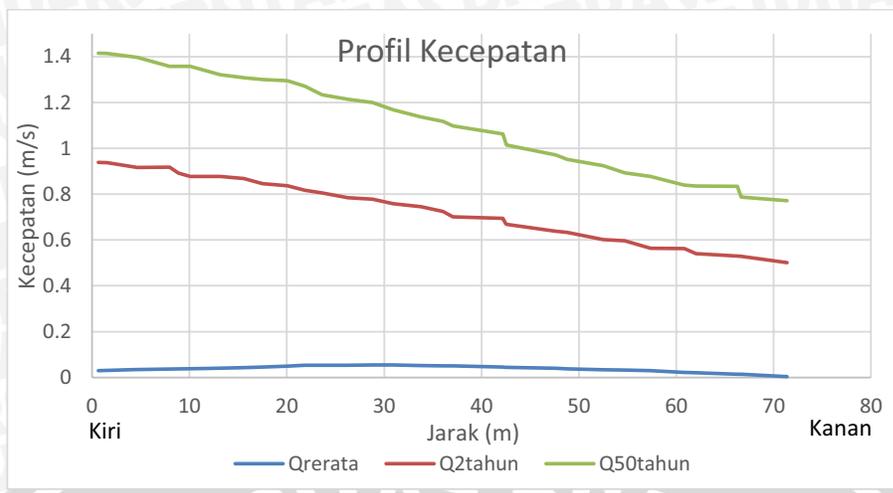
Gambar 4.21. Pola Sebaran Sedimen Kondisi Aliran Debit Banjir Q₂ Tahun
Sumber : Hasil Simulasi



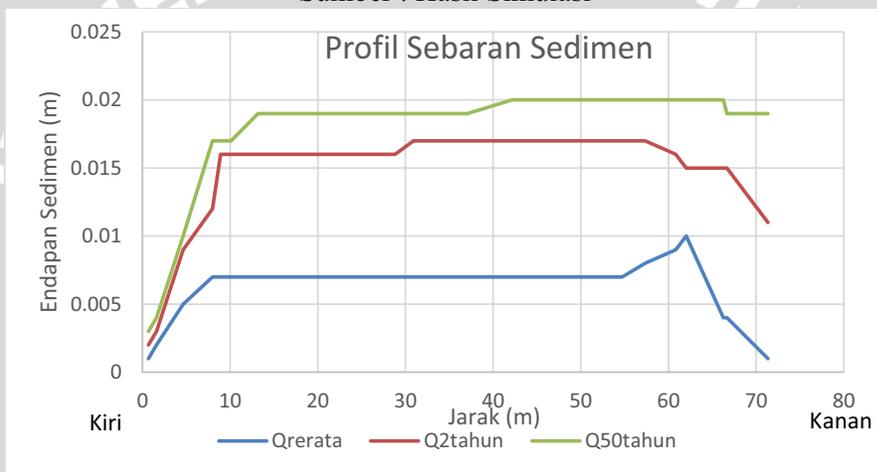
Gambar 4.22. Pola Aliran Air Kondisi Aliran Debit Banjir Q₅₀ Tahun
Sumber : Hasil Simulasi



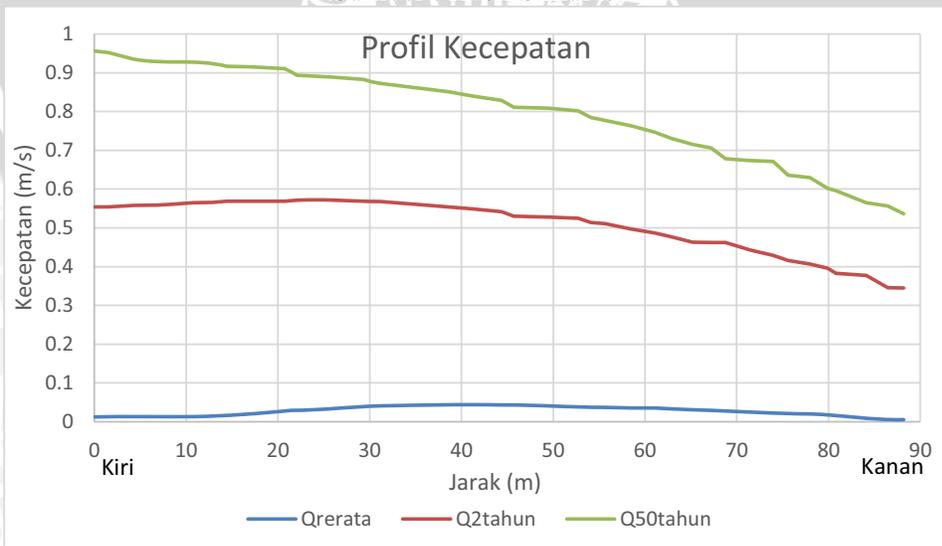
Gambar 4.23. Pola Sebaran Sedimen Kondisi Aliran Debit Banjir Q₅₀ Tahun
Sumber : Hasil Simulasi



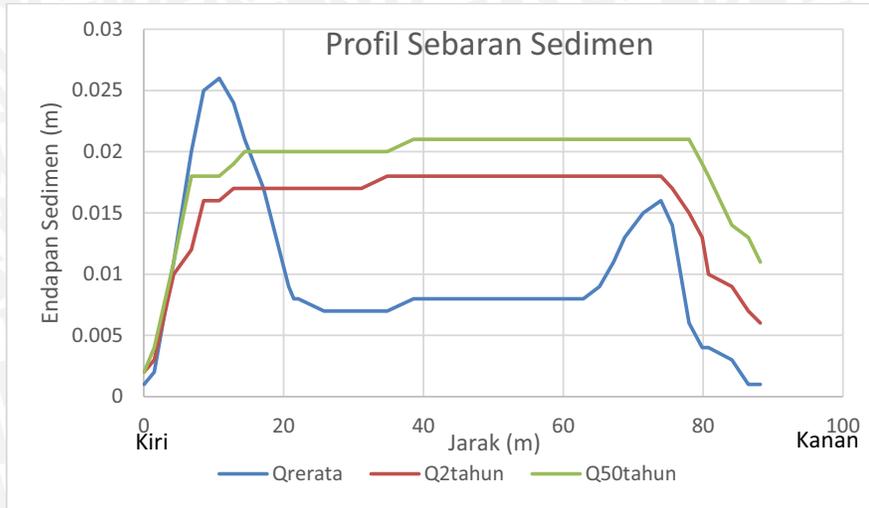
Gambar 4.24. Profil Kecepatan Pada Cross Section A-A
Sumber : Hasil Simulasi



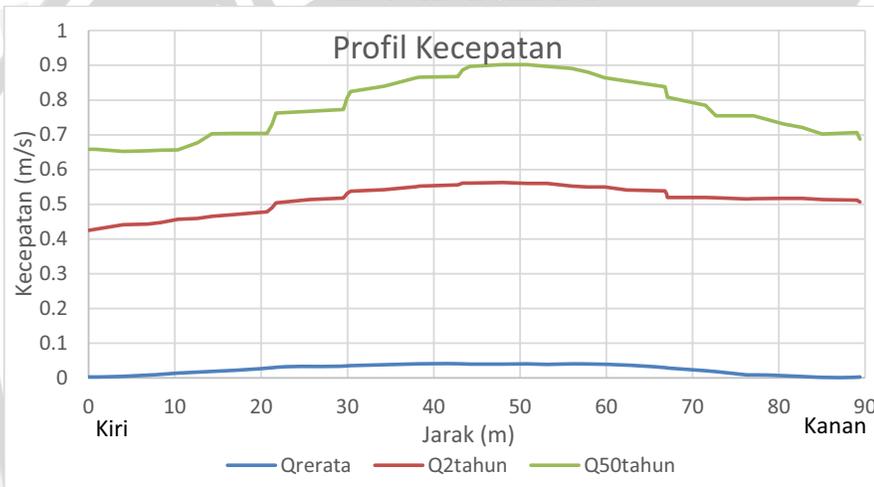
Gambar 4.25. Profil Sebaran Sedimen Pada Cross Section A-A
Sumber : Hasil Simulasi



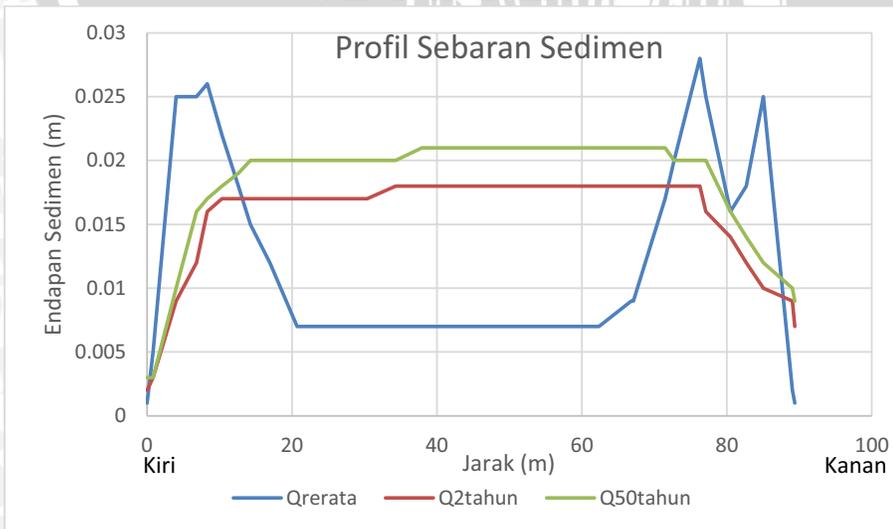
Gambar 4.26. Profil Kecepatan Pada Cross Section B-B
Sumber : Hasil Simulasi



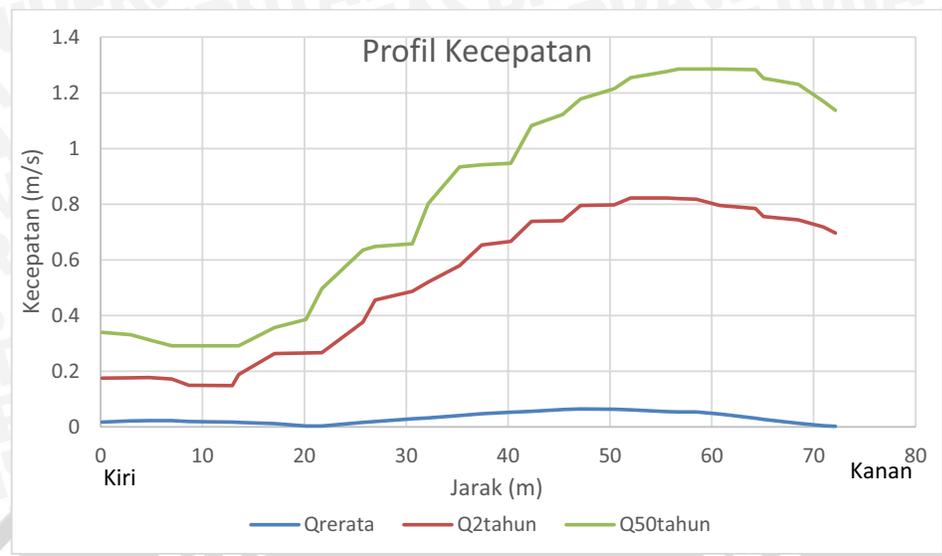
Gambar 4.27. Profil Sebaran Sedimen Pada Cross Section B-B
Sumber : Hasil Simulasi



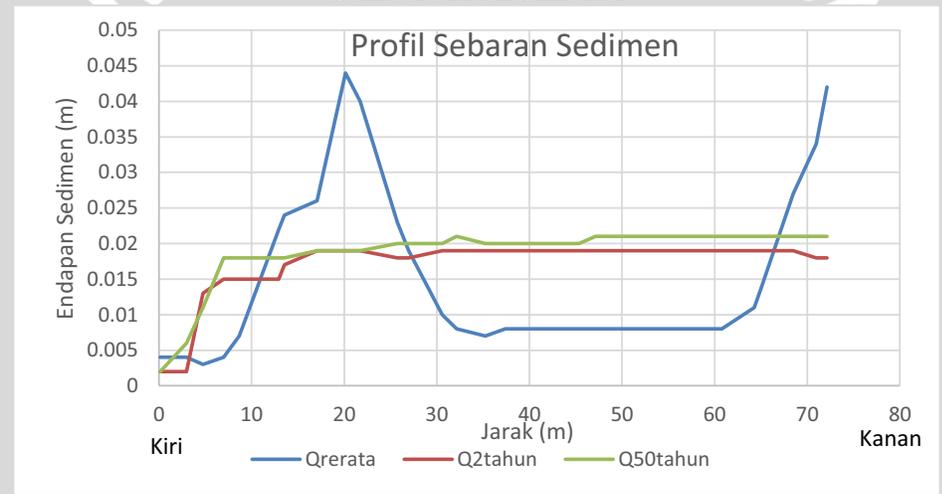
Gambar 4.28. Profil Kecepatan Pada Cross Section C-C
Sumber : Hasil Simulasi



Gambar 4.29. Profil Sebaran Sedimen Pada Cross Section C-C
Sumber : Hasil Simulasi



Gambar 4.30. Profil Kecepatan Pada Cross Section D-D
Sumber : Hasil Simulasi

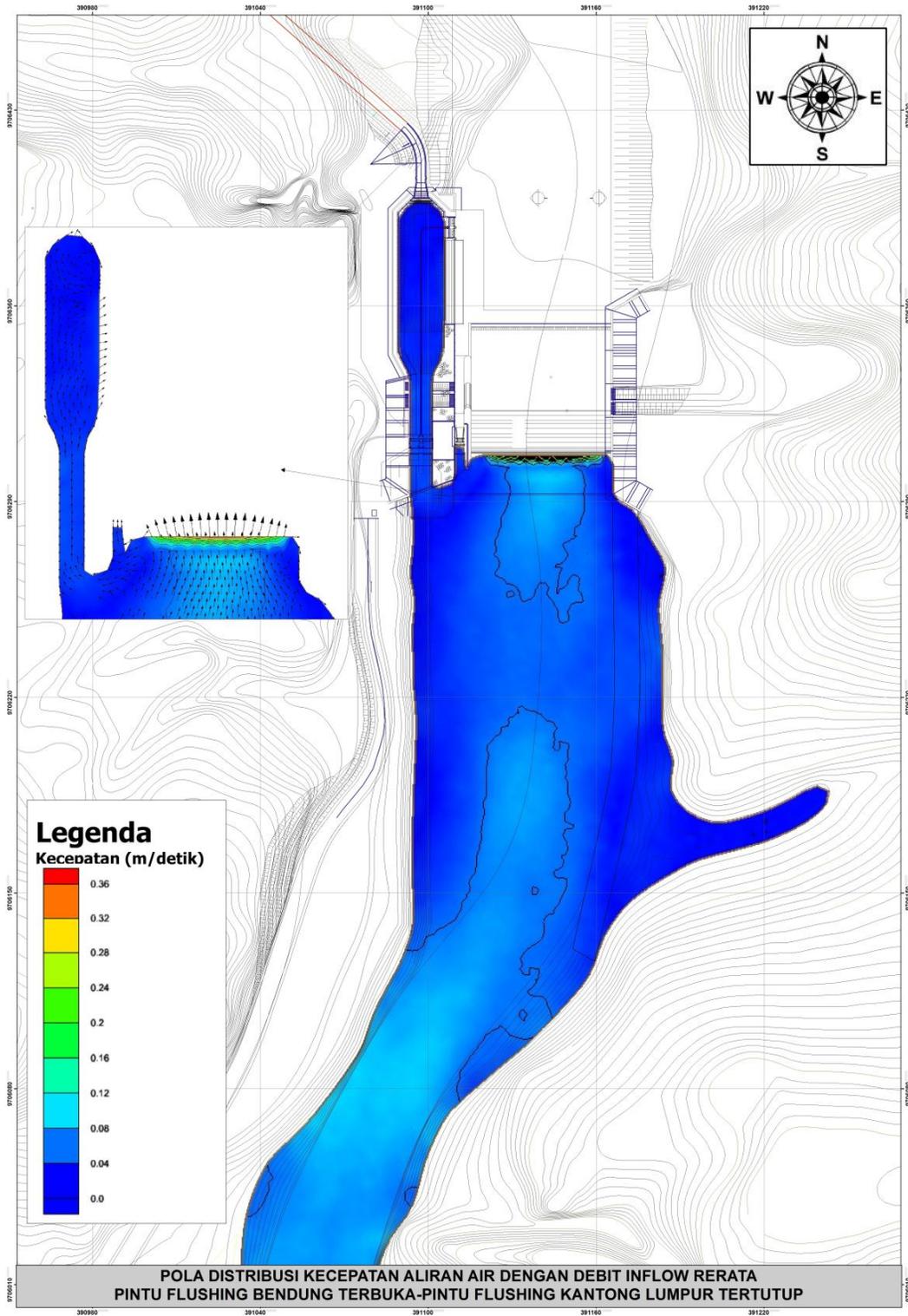


Gambar 4.31. Profil Sebaran Sedimen Pada Cross Section D-D
Sumber : Hasil Simulasi

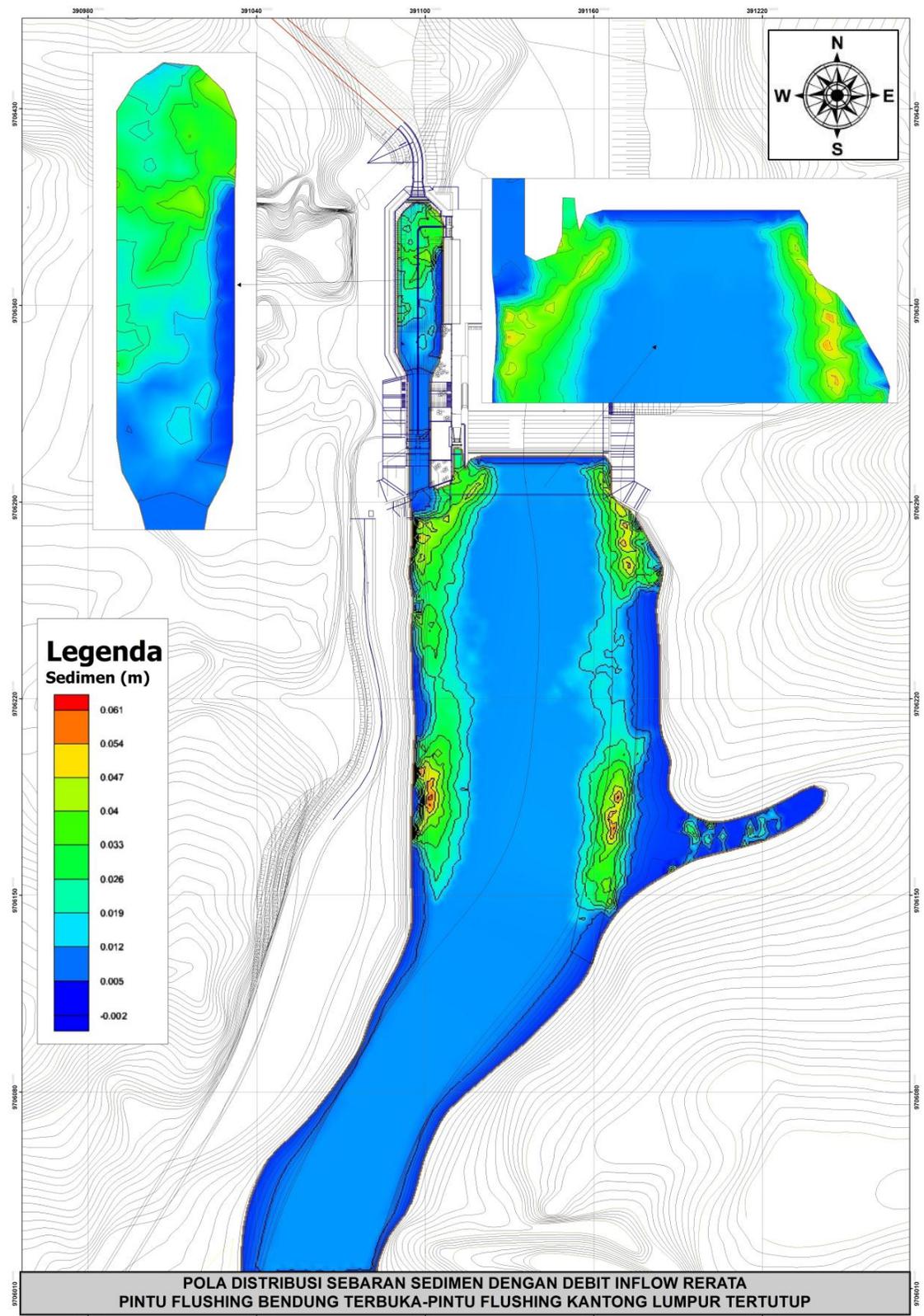
Pada hasil simulasi skenario pertama dimana pintu flushing bendung dan kantong lumpur tidak beroperasi dan menggunakan debit aliran normal pada pemodelan, banyak endapan sedimen yang mengendap didepan intake kantong lumpur sehingga dapat berpotensi mengganggu aliran air yang akan masuk ke intake PLTA, pada cross section B-B, C-C, dan D-D menggambarkan permasalahan yang ada pada lokasi studi, yaitu endapan sedimen yang cukup tinggi di depan intake kantong lumpur dibandingkan ruas sungai lainnya.

Sedangkan pada hasil simulasi dengan pemodelan menggunakan kondisi debit banjir, endapan sedimen mengendap di area kantong lumpur sebesar 46,908 m³/hari pada Q2 tahun dan 53,022 m³/hari pada Q50 tahun

4.3.2. Skenario Pemodelan Pintu Flushing Bendung Terbuka dan Pintu Flushing Kantong Lumpur Tertutup Kondisi Eksisting



Gambar 4.32. Pola Aliran Air Kondisi Aliran Debit Rerata
Sumber : Hasil Simulasi



Gambar 4.33. Pola Sebaran Sedimen Kondisi Aliran Debit Rerata
Sumber : Hasil Simulasi