

# SIMULASI POLA ALIRAN DAN POLA SEDIMENTASI PADA DANAU CIPOGAS KECAMATAN RAMBAH KABUPATEN ROKAN HULU

Fahrul Rozi<sup>1)</sup>, Mudjiatko<sup>2)</sup>, Rinaldi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : [fahrul.rozi@student.unri.ac.id](mailto:fahrul.rozi@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Cipogas lake has a non-uniform topography, that non-uniform topography caused flow patterns. Which results in a non-uniform of velocity and sediment distribution and then influences the changing trend of the reservoir bed configuration. Hydraulic simulation has used a RMA-2 model to determine flow patterns and velocity distribution. Topographic data, flood discharge, and surface water elevation are used as basic data for RMA-2 processing. Sediment transport simulation has used a SED2D module to generate sediment movements. The grain size and sediment concentration are used as a basis for SED2D processing. The simulation results showed that the flow pattern affects the velocity distribution and sediment distribution at certain times in the lake so that there is a change in the lake bed configuration. The bed configuration of the cipogas lake based on simulation results is classified in the Transition and Dunes.*

*Keyword: flow patterns, sediment distribution, bed configurations*

## PENDAHULUAN

Bendungan Kaiti terletak di Desa Kaiti Kecamatan Rambah Kabupaten Rokan Hulu. Bendungan Kaiti dibangun dengan tujuan awal untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Pembangunan Bendungan Kaiti menimbulkan perluasan area genangan yang kemudian menjadi danau. Air dari Danau Cipogas ini dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian di Daerah Irigasi (DI) Kaiti-Samo seluas 1.654 hektar yang meliputi 17 desa yang ada di Kecamatan Rambah dan Rambah samo.

Danau Cipogas mempunyai bentuk topografi yang tidak seragam. Ketidakseragaman bentuk topografi tersebut menyebabkan aliran yang tidak seragam di danau sehingga menimbulkan pola aliran. Pola aliran dapat menyebabkan distribusi kecepatan aliran dan distribusi sedimen yang tidak merata di danau. Distribusi kecepatan aliran dan distribusi sedimen yang tidak

merata tersebut dapat mempengaruhi *trend* perubahan konfigurasi dasar danau.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pola aliran dan pola sedimentasi serta *trend* perubahan konfigurasi dasar Danau Cipogas. Sedangkan manfaat yang didapat adalah:

1. Memprediksi tumpukan mati (*Dead Storage*)
2. Mengetahui umur danau dan pengelolaan danau.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Analisis Curah Hujan.

Dalam menentukan jenis metode yang akan digunakan pada perhitungan curah hujan, maka dilakukan analisa parameter statistik. Parameter statistik yang dihitung pada Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 5 berikut:

Rata- rata :

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Simpangan Baku :

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Koefisien Variansi :

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \quad (3)$$

Asimetri (Skewness) :

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (4)$$

Kurtosis :

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (5)$$

Selanjutnya untuk masing-masing masing distribusi syarat dan cirinya ditentukan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Statistik untuk menentukan Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Persyaratan
Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
Gumbel	$Cs \approx 1,14$ $Ck \approx 5,4$
Log Pearson III	Jika tidak menunjukkan sifat dari ketiga Distribusi diatas

Sumber : Triatmodjo (2008)

dengan  $\bar{x}$  adalah rata-rata data hujan,  $n$  adalah jumlah pengamatan,  $S$  adalah simpangan baku,  $Cv$  adalah koefisien variansi,  $Cs$  adalah koefisien asimetri (skewness), dan  $Ck$  adalah koefisien kurtosis.

### Debit Banjir Rencana

Menurut Triatmodjo (2008), Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dikembangkan berdasarkan data beberapa sungai di Jepang. Bentuk

HSS Nakayasu diberikan oleh Persamaan berikut ini:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left( \frac{A R_e}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \quad (6)$$

$$T_p = t_g + 0,8T_r \quad (7)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058L \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \quad (8)$$

$$t_g = 0,21L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \quad (9)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad (10)$$

dengan  $Q_p$  adalah debit puncak banjir ( $m^3/dtk$ ),  $A$  adalah luas DAS ( $km^2$ ),  $R_e$  adalah curah hujan efektif (1 mm),  $T_p$  adalah waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam),  $T_{0,3}$  adalah waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam),  $t_g$  adalah waktu konsentrasi (jam),  $T_r$  adalah satuan dari curah hujan (jam),  $\alpha$  adalah koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2, dan  $L$  adalah panjang sungai utama (km).

### Konfigurasi Dasar Danau

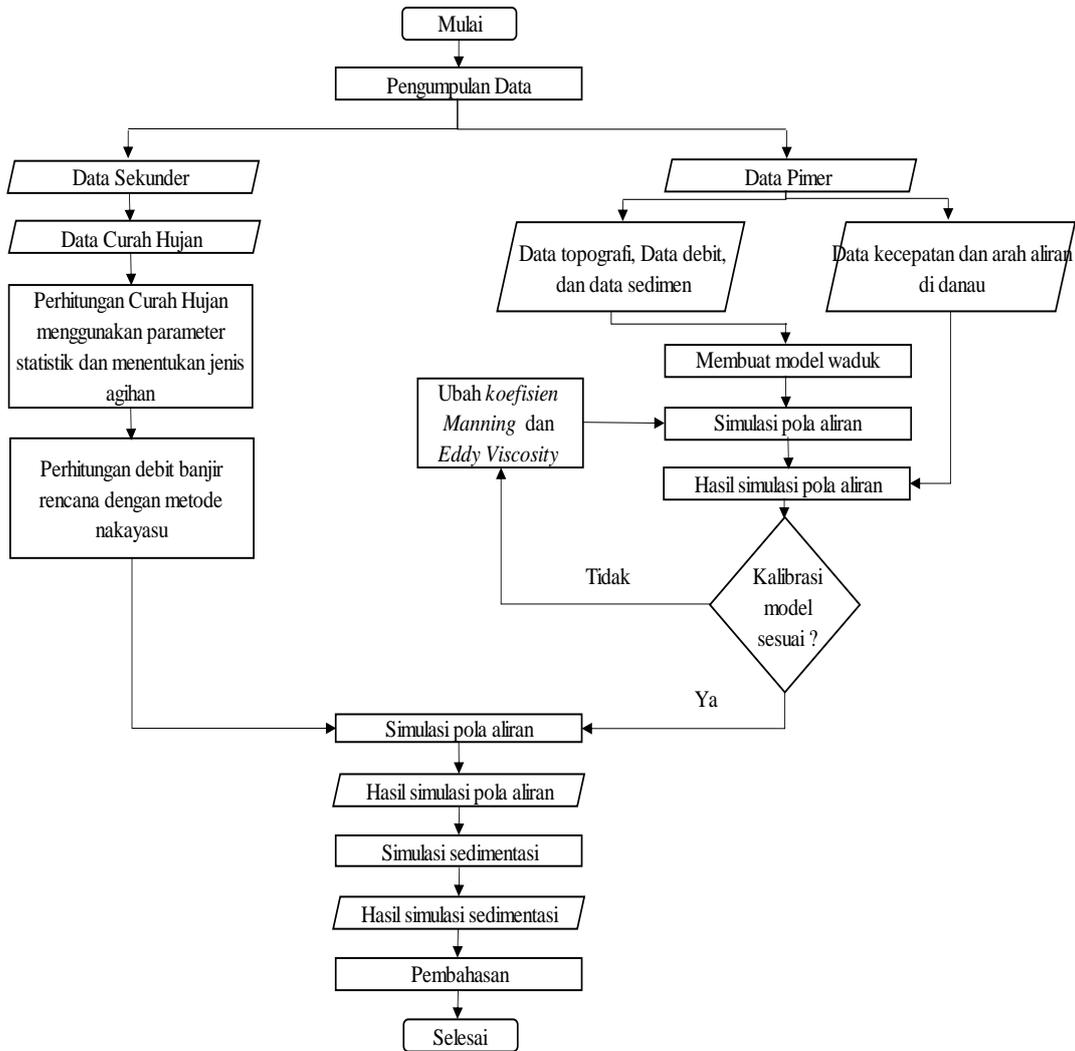
Menurut Mardjiko (1988), konfigurasi dasar tampungan merupakan fungsi kecepatan arus pada aliran yang makin bertambah kuat. Adapun klasifikasi dari konfigurasi dasar adalah sebagai berikut:

1. *Plane bed* (Dasar rata)
2. *Ripple* (Dasar bergelombang)
3. *Dunes* (Sisi sebelah hulu lebih landai dan sisi sebelah hilir lebih curam, bentuk kurang teratur dan asimetrik, kekasaran bertambah, erosi pada sisi sebelah hulu dan endapan di bagian bawah sisi sebelah hilir)
4. *Sheet flow* (Transisi,  $Fr \approx 1$ , kekasaran sangat berkurang)
5. *Anti Dunes* ( $Fr > 1$ , aliran tidak stabil, bentuk gelombang pasir agak simetrik, endapan terjadi pada sisi hulu, dan erosi pada sisi hilir).

**METODOLOGI**

Proses pelaksanaan studi ini pada prinsipnya terbagi dalam tiga bagian yaitu pengumpulan data, pengolahan data/perhitungan, dan keluaran berupa

simulasi pola aliran dan pola sedimentasi sebagai rekomendasi pada pihak yang membutuhkan. Langkah-langkah dalam penyelesaian tugas akhir ini ditampilkan pada bagan alir penelitian Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan di Danau Cipogas yang terletak di Desa Kaiti Kecamatan Rambah Kabupaten Rokan Hulu. Secara geografis Danau Cipogas terletak pada koordinat 00<sup>o</sup>53'36,92" LU dan 100<sup>o</sup>18'10,91" BT. Lokasi ini berjarak sekitar ±164 Km dari Kota Pekanbaru. Lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

## Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data topografi yang diperoleh dari hasil pengukuran *bathymetry*. Pengukuran *bathymetry*, dilakukan untuk mengetahui elevasi dasar danau / kedalaman danau dengan menggunakan alat *Echosounder*.
2. Data debit normal yang diperoleh dari pengukuran debit keluar pada *spillway*, pintu penguras, dan *intake*.
3. Data sedimen berupa ukuran butir dan konsentrasi sedimen yang diperoleh dari hasil uji laboratorium.
4. Data hidrologi yaitu data curah hujan selama 10 tahun terakhir (2008-2017) dari stasiun hujan Rambah Utama, Kecamatan Rambah, Kabupaten Rokan Hulu.
5. Data luas dan panjang sungai utama DAS Kaiti.

## Analisis Curah Hujan

Perhitungan curah hujan ini menggunakan metode data maksimum tahunan yang ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data curah hujan harian maksimum tahunan stasiun rambah utama (mm)

No	Tahun	Curah Hujan
1	2008	87,3
2	2009	97,9
3	2010	112,3
4	2011	98,7
5	2012	205,0
6	2013	62,5
7	2014	93,5
8	2015	93,5
9	2016	79,0
10	2017	110,5

Jenis agihan yang digunakan dari pada perhitungan parameter statistik curah hujan yaitu metode Log Pearson

III. Data curah hujan yang ada dihitung lebih lanjut untuk mengetahui besar curah hujan dengan beberapa kala ulang yang ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi curah hujan stasiun rambah utama dengan Log Pearson III

Kala Ulang (T)	Curah Hujan (mm)
2	92,99
5	123,55
10	149,46
25	189,33
50	224,85
100	265,87

## Debit Banjir Rencana

Hasil yang diperoleh dari perhitungan analisa curah hujan dengan metode Log Pearson III, akan digunakan pada perhitungan debit banjir rencana. Dalam simulasi ini, debit banjir rencana yang digunakan adalah pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun dengan menggunakan analisa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yang ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana danau cipogas

No	T (Tahun)	Q maks (m <sup>3</sup> /dtk)
1	5	53,374
2	10	64,449

## Permodelan Danau Cipogas

Dalam pembuatan model danau dibutuhkan data topografi dari hasil pengukuran *bathymetry*, di mana data tersebut berupa elevasi, kedalaman serta koordinat titik tinjauan. Data tersebut kemudian diolah menggunakan program simulasi sehingga menghasilkan kontur kedalaman danau yang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kontur kedalaman dasar danau cipogas kabupaten rokan hulu

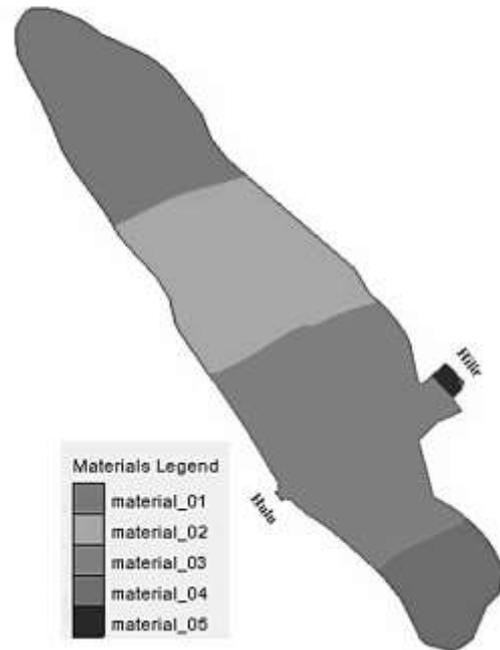
### Kalibrasi Model

Kalibrasi bertujuan untuk menyesuaikan hasil simulasi dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Parameter yang akan dikalibrasi yaitu nilai kecepatan dan arah aliran pada danau. Data input berupa debit sungai terukur sebesar 1,459 m<sup>3</sup>/dtk pada bagian hulu dan elevasi muka air +85,50 pada bagian hilir. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan cara *Trial and Error* yaitu dengan mengubah parameter- parameter seperti koefisien *manning* dan *eddy viscosity* hingga kecepatan dan arah aliran simulasi tersebut mendekati keadaan sebenarnya di lapangan. Posisi material yang berisi parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

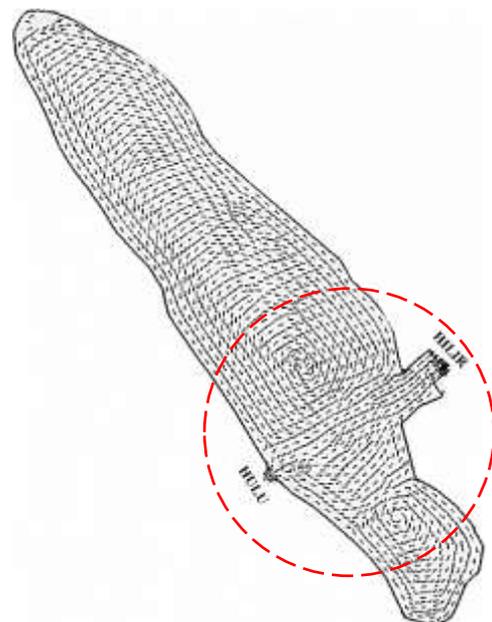
Nilai parameter yang digunakan pada Tabel 4, didapatkan arah dan kecepatan aliran yang telah sesuai dengan kondisi lapangan yang ditampilkan pada Gambar 5.

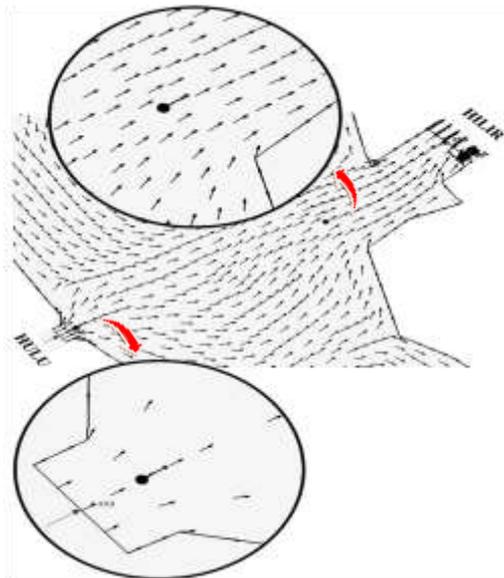
Tabel 4. Nilai parameter

Material	Koefisien Manning	Eddy Viscosity
Material 1	0,045	25000
Material 2	0,040	20000
Material 3	0,020	16000
Material 4	0,040	18000
Material 5	0,015	16500



Gambar 4. Posisi material berisi parameter





Gambar 5. Hasil kalibrasi arah dan kecepatan aliran danau cipogas kabupaten rokan hulu

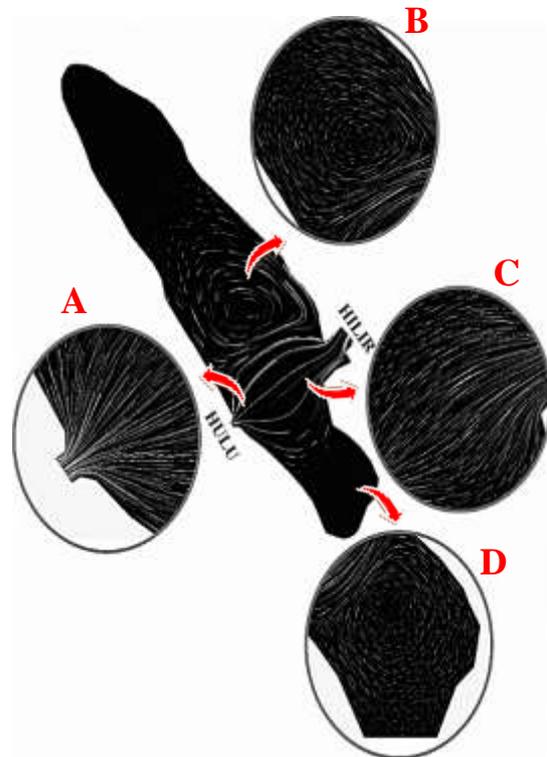
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Simulasi Pola Aliran

Hasil simulasi pola aliran pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun selama 720 jam (1 bulan) ditampilkan pada Gambar 6. Pola aliran kala ulang 5 tahun dan kala ulang 10 tahun tidak jauh berbeda, sehingga dapat dilihat dalam beberapa kondisi.

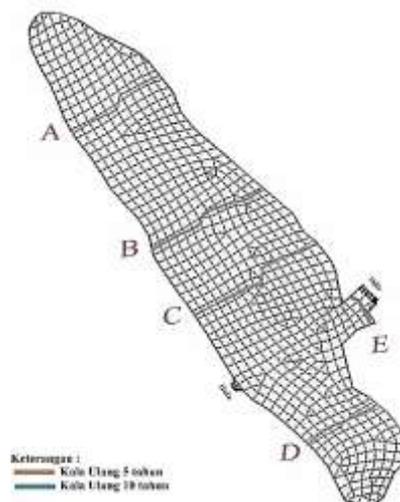
Pada kondisi A, aliran air yang masuk ke hulu danau merupakan aliran tidak seragam karena kecepatan aliran berubah terhadap jarak akibat adanya perubahan tampang dari kecil ke besar. Sehingga arah alirannya terlihat menyebar untuk mengisi setiap bagian pada danau. Pada kondisi B sisi kiri hulu danau dan D sisi kanan hulu danau, aliran air terperangkap pada satu sisi di danau sehingga arah aliran cenderung membentuk pusaran. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan viskositas air sehingga terjadi perubahan kecepatan yang menyebabkan air bergerak secara tidak teratur membentuk pusaran. Pada kondisi C, aliran air bergerak teratur menurut lintasan lurus. Kondisi ini disebabkan

karena viskositas kecil kecepatan aliran besar.

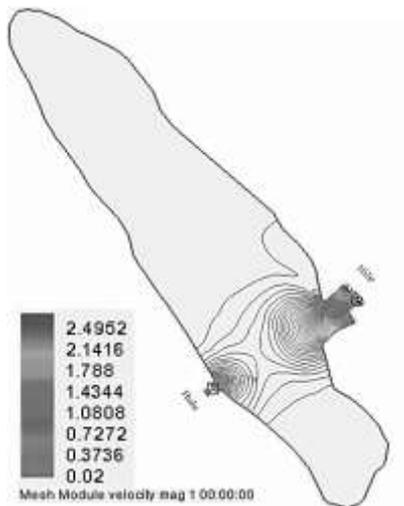


Gambar 6. Simulasi pola aliran kala ulang 5 tahun dan 10 tahun

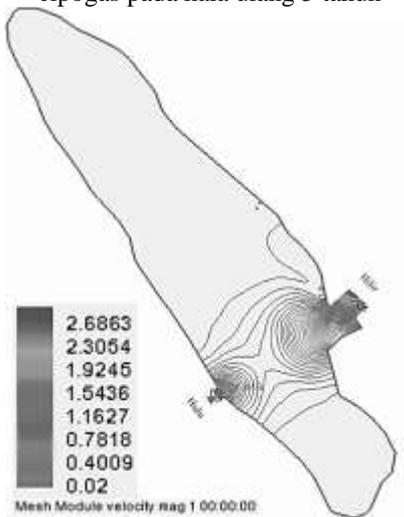
Hasil simulasi pola aliran kala ulang 5 tahun dan kala ulang 10 tahun, jika dilihat dari distribusi kecepatan dan kontur kecepatan yang ditampilkan pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



Gambar 7. Distribusi kecepatan aliran danau cipogas



Gambar 8. Distribusi kecepatan aliran danau cipogas pada kala ulang 5 tahun



Gambar 9. Distribusi kecepatan aliran danau cipogas pada kala ulang 10 tahun

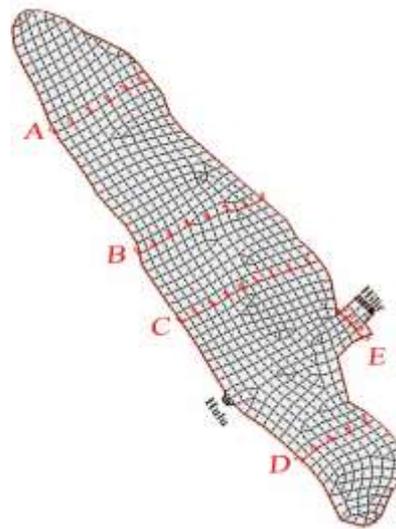
Kecepatan aliran berpengaruh terhadap besar kecilnya debit yang masuk ke dalam danau.

### Simulasi Distribusi Sedimen pada Kedalaman Waduk (*Water Depth*)

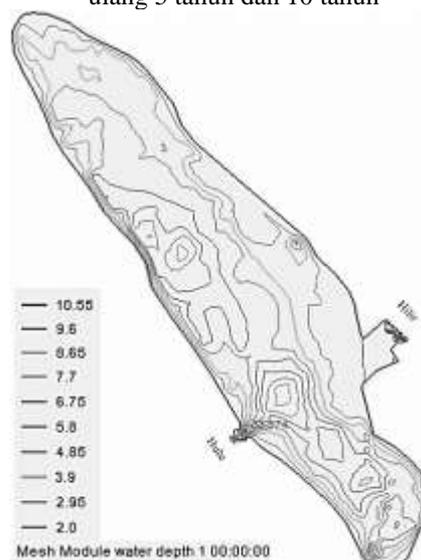
Hasil simulasi kala ulang 5 tahun dan kala ulang 10 tahun memiliki perbandingan perubahan kedalaman berdasarkan titik tinjauan yang ditampilkan pada Gambar 10.

Simulasi sedimentasi berupa kontur kedalaman waduk pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun selama 720 jam (1 bulan) yang ditampilkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.

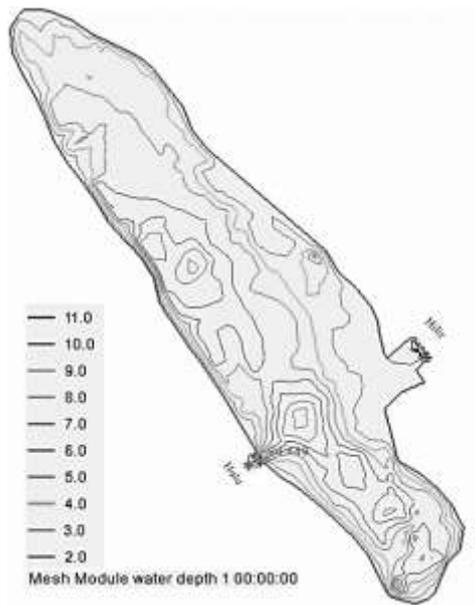
Pada kala ulang 5 tahun memiliki nilai kedalaman 9,1196 m dan pada kala ulang 10 tahun memiliki nilai kedalaman 9,3327 m pada titik tinjauan 3 *Cross B*. Dari hasil perbandingan kedalaman tersebut, kala ulang 10 tahun memiliki nilai kedalaman yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh besarnya debit dan kecepatan aliran yang masuk ke danau. Semakin besar debit semakin tinggi kecepatan maka kecepatan endap sedimen semakin kecil dan sebaliknya.



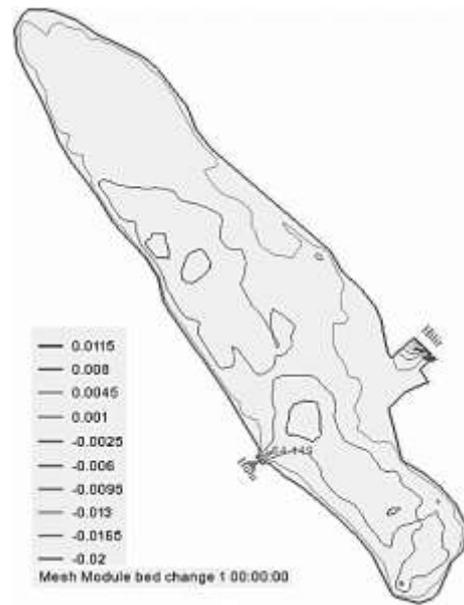
Gambar 10. Titik tinjauan untuk perbandingan perubahan kedalaman danau cipogas pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun



Gambar 11. Kontur kedalaman danau cipogas pada kala ulang 5 tahun (meter)



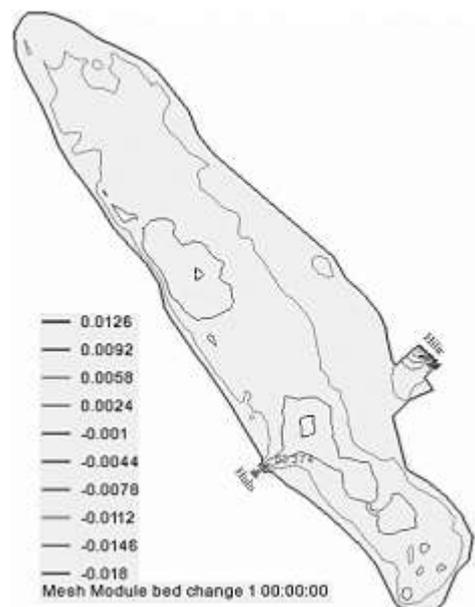
Gambar 12. Kontur kedalaman danau cipogas pada kala ulang 10 tahun (meter)



Gambar 14. Perubahan dasar danau cipogas (*bed change*) pada kala ulang 10 tahun simulasi selama 1 bulan (meter)

### Simulasi Distribusi Sedimen pada Perubahan Dasar Danau (*Bed Change*)

Hasil simulasi sedimentasi berupa perubahan dasar danau pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun selama 720 jam (1 bulan) yang ditampilkan pada Gambar 13 dan Gambar 14.

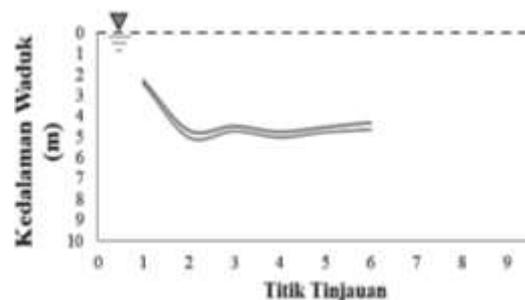


Gambar 13. Perubahan dasar danau cipogas (*bed change*) pada kala ulang 5 tahun simulasi selama 1 bulan (meter)

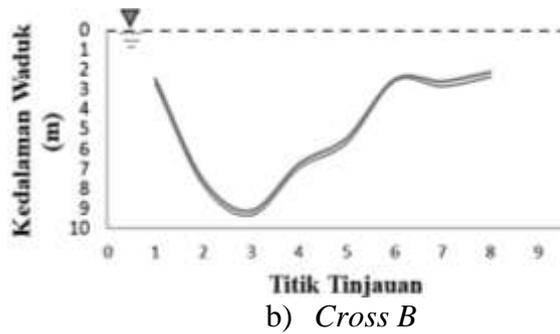
Perubahan dasar danau cipogas berdasarkan titik tinjauan pada Gambar 10 kala ulang 5 dan kala ulang 10 tahun yang ditampilkan pada Gambar 15.

Kala ulang 5 tahun memiliki nilai perubahan dasar danau minimal 0,0025 m pada Cross E dan maksimal 0,01303 pada Cross B, sedangkan kala ulang 10 tahun memiliki nilai perubahan dasar minimal 0,00382 m pada Cross E dan maksimal 0,0133 m pada Cross B.

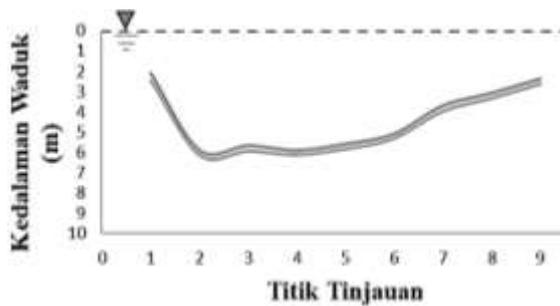
Perubahan dasar danau pada kala ulang 5 tahun lebih rendah dibandingkan dengan kala ulang 10 tahun. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh besarnya debit dan kecepatan aliran di danau tersebut. Sehingga terjadinya sedimentasi.



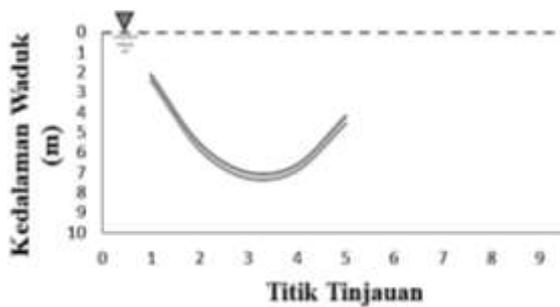
a) *Cross A*



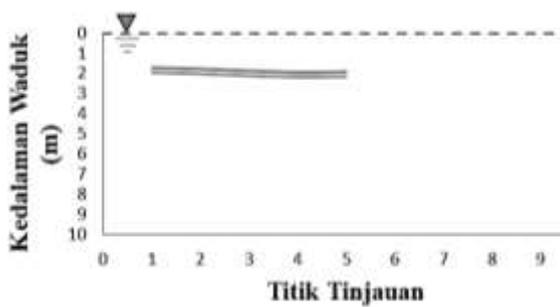
b) Cross B



c) Cross C



d) Cross D



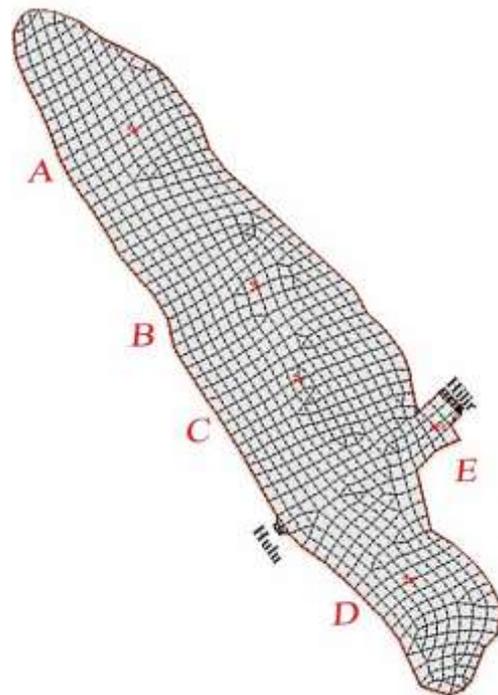
e) Cross E

Gambar 15. Perubahan Dasar Danau Cipogas Pada Titik Tinjauan (meter)

### Konfigurasi Dasar Danau

Dalam menentukan konfigurasi dasar danau, diambil satu titik tinjauan pada setiap potongan. Titik tinjauan

tersebut memiliki kecepatan dan kedalaman yang berbeda-beda sehingga akan menghasilkan konfigurasi dasar yang berbeda pula. Adapun posisi dari titik tinjauan tersebut dapat dilihat pada Gambar 16.

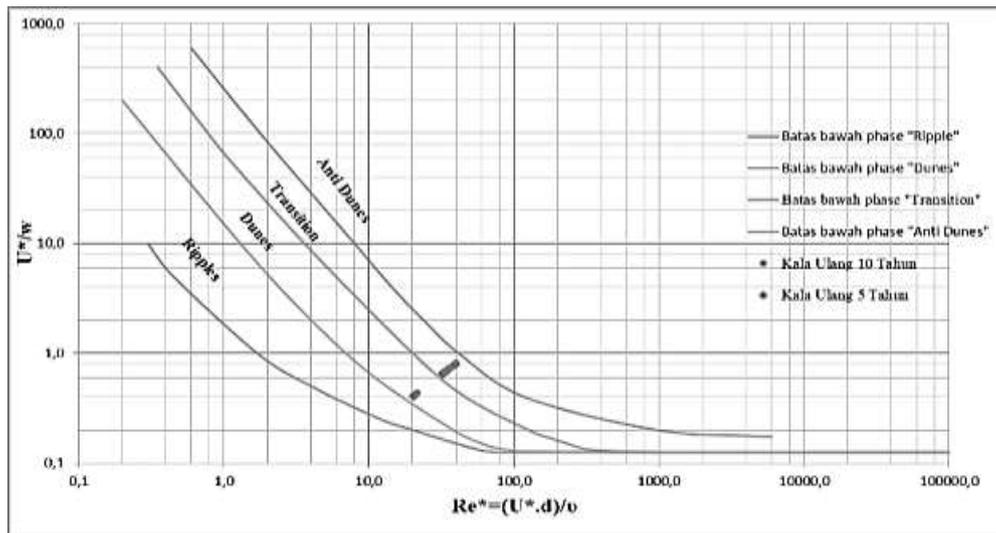


Gambar 16. Titik tinjauan untuk menentukan konfigurasi dasar danau cipogas

Hasil konfigurasi dasar waduk pada titik-titik tinjauan yang diperoleh dari grafik penentuan konfigurasi dasar danau beserta resim aliran yang dihasilkan, dapat dilihat pada Gambar 17 dan Tabel 5.

Tabel 5. Konfigurasi dasar danau cipogas pada titik tinjauan

Titik Tinjauan	Konfigurasi dasar		Klasifikasi
	5 tahun	10 tahun	
1	Transisi	Transisi	Subkritik
2	Transisi	Transisi	Subkritik
3	Transisi	Transisi	Subkritik
4	Transisi	Transisi	Subkritik
5	Dunes	Dunes	Subkritik



Gambar 17. Konfigurasi dasar danau pada titik tinjauan

Konfigurasi dasar danau yang dihasilkan dari masing-masing titik tinjauan lebih banyak tergolong kedalam fase Transisi.

Kondisi transisi merupakan perubahan kondisi dari dasar *Dunes* menjadi *Flat / Plane Bed* akibat adanya kecepatan aliran. Sehingga dasar *Dunes* tadi dibersihkan (tergelontor) menjadi dasar *Flat / Plane Bed*. Resim aliran dari konfigurasi dasar tersebut tergolong dalam aliran subkritik, yang mana nilai dari bilangan Froude kecil dari 1.

## KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Kala ulang 10 tahun memiliki nilai kecepatan aliran yang tinggi dibandingkan dengan kala ulang 5 tahun karena besarnya debit yang masuk ke dalam danau.
2. Kala ulang 10 tahun memiliki nilai kedalaman dan perubahan dasar danau lebih besar dibandingkan dengan kala ulang 5 tahun. Hal ini disebabkan oleh besarnya debit dan kecepatan aliran yang masuk ke danau.
3. Konfigurasi dasar Danau Cipogas tergolong ke dalam fase transisi dan

resim alirannya tergolong dalam aliran subkritik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Boss SMS. (1995). *User's Manual Surface water Modelling System, version 8.1*. Environmental Modeling Research Laboratory. Brigham Young University.
- Freester, Joy. (2015). *Analisis Pola Aliran Dan Pola Sedimentasi Pada Danau Sei Paku Kecamatan Kampar Kiri Kabupaten Kampar*. Skripsi Sarjana. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Mardjiko P dan Adam PR. (1988). *Transportasi Sedimen*. Yogyakarta: KMTS UGM.
- Sujatmoko, B., Mudjiatko, M., & Robianto, M. (2012). *Pemodelan Sedimentasi Pada Tampungan Bendung Tibun Kabupaten Kampar*. Jurnal Sains dan Teknologi, 11(2): 51-78.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.