

ANALISIS POLA ALIRAN DAN POLA SEDIMENTASI PADA WADUK SEI PAKU KECAMATAN KAMPAR KIRI KABUPATEN KAMPAR

Joy Freester¹⁾, Mudjiatko²⁾, Bambang Sujatmoko²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : joyfreester19@gmail.com

ABSTRACT

The non-uniformity topography of Sei Paku Reservoir caused non-uniform flow in the reservoir, forming unique flow pattern. This flow pattern caused the uneven of flow velocity distribution and sediment distribution in the reservoir. The uneven of flow velocity distribution and sediment distribution can affect the trend of bed configuration changes of the reservoir. It takes a form of a simulation study to determine the pattern and flow velocity distribution, and sediment distribution in the reservoir. In the simulation, topography data, flood discharge, and the water level are processed by RMA-2 that produces flow patterns and the flow velocity. Parameters such as sediment grain size and sediment concentrations are processed by SED2D that produces sediment distribution. The simulation results showed that the flow patterns affect the flow velocity distribution and the sediment distribution in the reservoir so that happen bed configuration changes of the reservoir. The bed configuration of Sei Paku reservoir classified by simulation results in “Anti Dunes” phase where upstream side suffered deposition while downstream side suffered erosion.

Keyword: Simulation, flow pattern, sedimentation

A. PENDAHULUAN

Waduk Sei Paku mempunyai bentuk topografi yang tidak seragam. Ketidakseragaman bentuk topografi Waduk Sei Paku tersebut menyebabkan aliran yang tidak seragam di waduk sehingga menimbulkan pola aliran. Pola aliran dapat menyebabkan distribusi kecepatan aliran dan distribusi sedimen yang tidak merata di waduk. Distribusi kecepatan aliran dan distribusi sedimen yang tidak merata tersebut dapat mempengaruhi tren perubahan konfigurasi dasar waduk.

Penelitian terkait yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Robianto (2011) pada Waduk Tibun menyimpulkan bahwa tren perubahan konfigurasi dasar waduk dipengaruhi oleh distribusi kecepatan aliran dan distribusi sedimen yang tidak merata.

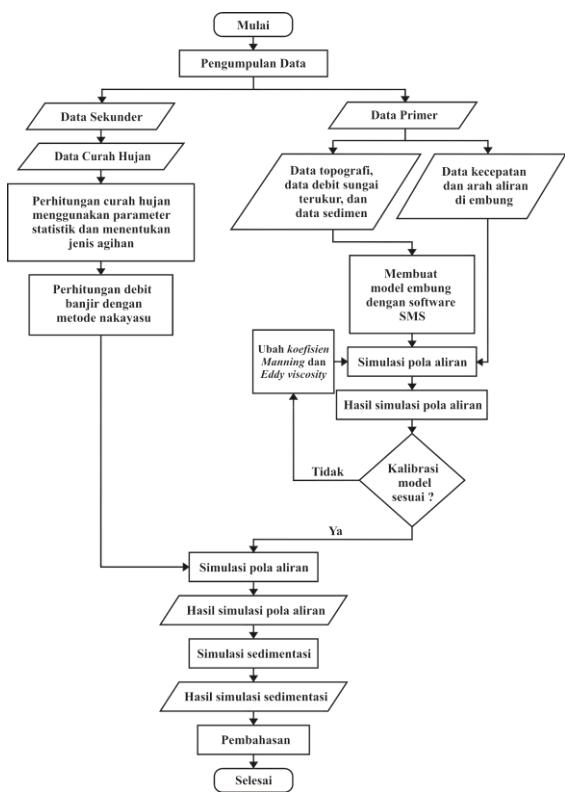
Kecepatan aliran yang tinggi mengakibatkan erosi pada dasar tampungan, sebaliknya kecepatan aliran yang rendah mengakibatkan deposisi pada dasar waduk.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola aliran dan pola sedimentasi serta tren perubahan konfigurasi dasar Waduk Sungai Paku. Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah:

- a) Sebagai bahan referensi dan rekomendasi bagi pihak-pihak terkait terhadap pengendalian sedimen Waduk Sei Paku,
- b) Pengelolaan Waduk sei Paku

B. METODOLOGI

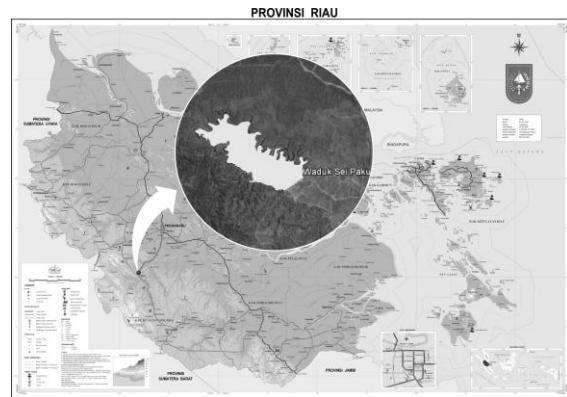
Proses pelaksanaan studi ini pada prinsipnya terbagi dalam tiga bagian yaitu pengumpulan data, pengolahan data/perhitungan, dan keluaran berupa hasil analisis pola aliran dan pola sedimentasi sebagai rekomendasi pada pihak yang membutuhkan. Langkah-langkah dalam penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Waduk Sei Paku yang terletak di Desa Sei Paku Kecamatan Kampar Kiri Kabupaten Kampar. Secara geografis Waduk Sei Paku terletak pada koordinat $00^{\circ}03'32,6''$ LU dan $101^{\circ}10'30,1''$ BT. Lokasi ini berjarak sekitar ± 75 Km dari Kota Pekanbaru. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Lokasi Penelitian

2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data topografi yang diperoleh dari hasil pengukuran *bathimetri*. Pengukuran *bathimetri*, dilakukan untuk mengetahui elevasi dasar waduk / kedalaman waduk dengan menggunakan alat *Echosounder* dan juga alat Global Positioning System (GPS) sebagai penanda titik tinjauan.
- b. Data debit sungai terukur yang diperoleh dari pengukuran debit keluar pada *spillway*, pintu penguras, dan *intake*.
- c. Data sedimen berupa ukuran butir dan konsentrasi sedimen yang diperoleh dari hasil uji laboratorium.
- d. Data hidrologi yaitu data curah hujan selama 14 tahun terakhir (2000–2013) dari stasiun hujan Lipat Kain, Kecamatan Kampar Kiri, Kabupaten Kampar.
- e. Data luas DAS dan panjang Sungai Paku

3. Analisis Curah Hujan

Hasil analisis hidrologi tersebut berupa besar curah hujan rencana dan curah hujan efektif pada kala ulang 5 dan 10 tahun dengan menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut:

Tabel 1. Curah hujan rencana distribusi Log Pearson Tipe III

Kala Ulang	Curah hujan
2	103,758
5	128,631
10	145,791
25	168,362
50	185,808
100	203,848

Sumber: Satria (2015)

Tabel 2. Curah hujan efektif pada kala ulang 5 dan 10 tahun

T (jam)	Rasio R _T (%)	Komulatif (%)	Hujan Jam-jaman (mm)	5 th	10 th
1	55,03%	55,03%		10,618	12,035
2	14,30%	69,34%		2,760	3,128
3	10,03%	79,37%		1,936	2,194
4	7,99%	87,36%		1,541	1,747
5	6,75%	94,10%		1,302	1,475
6	5,90%	100,00%		1,138	1,289
Probabilitas Hujan Harian			128,631	145,791	
Koefisien Pengaliran (Cp)				0,150	0,150
Hujan Efektif (Re)			19,295		21,869

Sumber: Satria (2015)

4. Analisis Debit Banjir Rencana

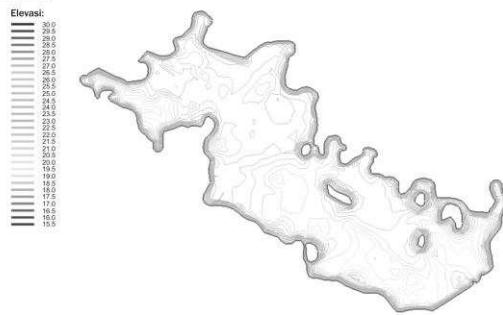
Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Nakayasu. Debit banjir yang digunakan yaitu debit dengan kala ulang 5 dan 10 tahun. Debit banjir rencana maksimum pada kala ulang 5 dan 10 tahun dapat dilihat pada Tabel.3 berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana

No	T (Tahun)	Q maks (m ³ /dt)
1	5	78,086
2	10	88,335

5. Pembuatan Model

Dalam pembuatan model waduk dibutuhkan data topografi dari hasil pengukuran bathimetri pada tanggal 22 februari 2014, di mana data tersebut berupa elevasi, kedalaman serta koordinat titik tinjauan. Data tersebut kemudian diolah menggunakan program simulasi sehingga menghasilkan kontur dasar waduk tahun 2014 sebagai berikut:



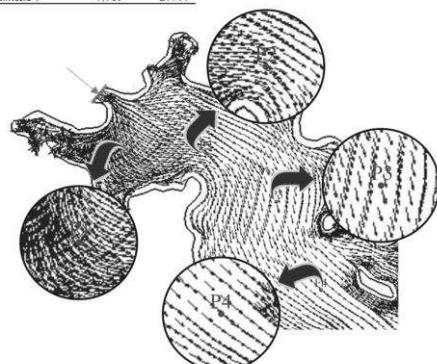
Gambar 3. Kontur dasar Waduk Sei Paku tahun 2014

6. Kalibrasi Model

Kalibrasi bertujuan untuk menyesuaikan hasil simulasi dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Parameter yang akan dikalibrasi yaitu kecepatan dan arah aliran pada waduk. Data input berupa debit sungai terukur sebesar 1,372 m³/dtk pada bagian hulu dan elevasi muka air +26.0175 pada bagian hilir. Proses kalibrasi ini dapat dilakukan dengan cara *Trial and Error* yaitu dengan mengubah parameter-parameter seperti koefisien *manning* dan *eddy viscosity* hingga kecepatan dan arah aliran hasil simulasi tersebut mendekati keadaan sebenarnya di lapangan.

Proses kalibrasi ini dilakukan 3 kali simulasi. Pada simulasi 3, didapatkan arah dan kecepatan aliran yang telah sesuai dengan kondisi lapangan.

Material	Koef. Manning	Eddy Viscosity
Material 1	0,045	7000
Material 2	0,045	7000
Material 3	0,015	15000
Material 4	0,015	20000

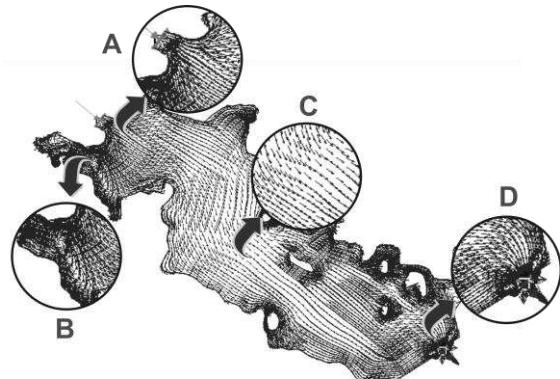


Gambar 4. Hasil kalibrasi arah dan kecepatan aliran yang sesuai dengan kondisi lapangan

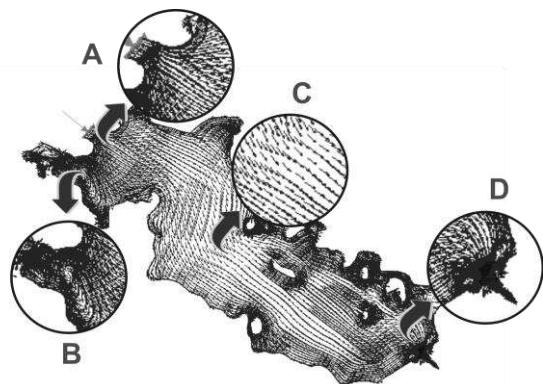
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

C.1 Hasil Simulasi Pola Aliran

Hasil simulasi pola aliran pada kala ulang 5 tahun selama 2160 jam (3 bulan) dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut:



Gambar 5. Hasil simulasi pola aliran pada kala ulang 5 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

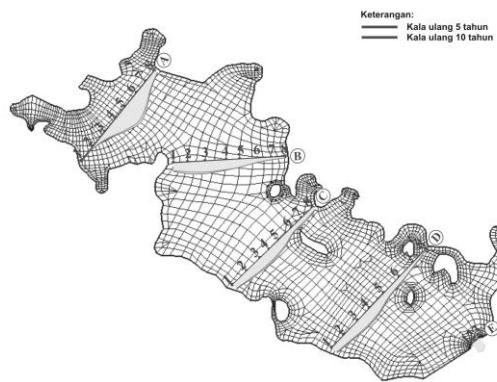


Gambar 6. Hasil simulasi pola aliran pada kala ulang 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

Pada kondisi A, aliran air yang masuk ke waduk 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 waduk. Pada kondisi B, aliran air terperangkap pada satu sisi di waduk sehingga arah aliran cenderung berputar-putar. 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 secara teratur menurut lintasan lurus. Aliran ini terjadi apabila viskositas besar dan kecepatan

aliran kecil. Dan pada kondisi D, aliran air tidak seragam karena kecepatan aliran berubah terhadap jarak akibat pembendungan/terjunan pada hilir waduk.

Tidak ada perbedaan yang signifikan antara karakteristik pola aliran pada kala ulang 5 tahun dengan hasil simulasi pola aliran pada kala ulang 10 tahun. Namun perbedaan tersebut dapat dikaji berdasarkan distribusi kecepatan yang dihasilkan dari hasil simulasi. Distribusi kecepatan aliran horizontal hasil simulasi pada setiap titik tinjauan pada kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan) dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:

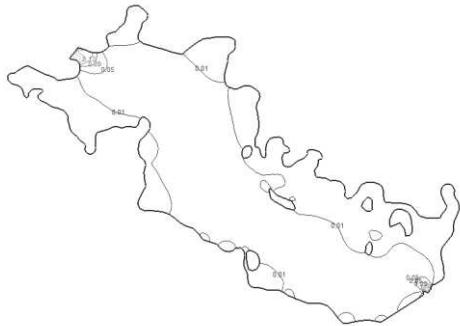


Gambar 7. Distribusi kecepatan aliran pada kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

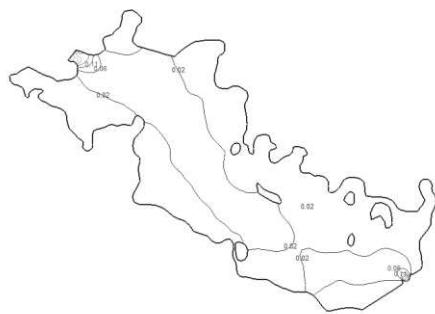
Berdasarkan hasil simulasi, kecepatan aliran pada kala ulang 10 tahun lebih tinggi jika dibandingkan dengan kecepatan aliran pada kala ulang 5 tahun untuk semua titik tinjauan. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan besar debit yang masuk ke waduk. Besarnya debit berbanding lurus dengan kecepatan, semakin besar debit semakin tinggi pula kecepatan aliran. Kecepatan maksimum pada cross A terjadi di titik 5 dimana titik tersebut berada sejajar muara sungai. Sehingga perubahan kecepatan pada titik tersebut tidak terlalu besar. Kecepatan maksimum pada awal belokan berada pada sisi dalam belokan seperti terlihat pada cross B dimana kecepatan maksimum terjadi di titik 3 yang berada pada sisi dalam tikungan. Namun secara bertahap, kecepatan pada sisi tersebut menurun hingga akhir belokan dimana kecepatan maksimum terjadi pada

sisi luar belokan. Kondisi tersebut terjadi pada cross C dengan kecepatan maksimum di titik 3. Kecepatan maksimum pada cross D terjadi di titik 3 dimana titik tersebut tidak mengalami perubahan kecepatan yang disebabkan oleh pulau-pulau kecil pada waduk. Kecepatan maksimum pada cross E terjadi pada titik 2 karena semakin ke tengah distribusi kecepatan semakin besar.

Kecepatan maksimum pada masing-masing titik tinjauan tersebut bila dilihat dari kontur kecepatannya dapat menggambarkan aliran Sungai Paku sebelum dilakukan pembendungan. Kontur kecepatan aliran pada kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan) dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 berikut:



Gambar 8. Kontur kecepatan aliran pada kala ulang 5 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

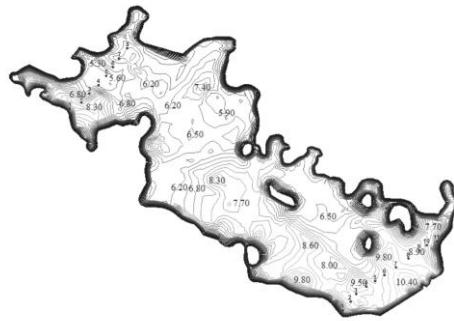


Gambar 9. Kontur kecepatan aliran pada kala ulang 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

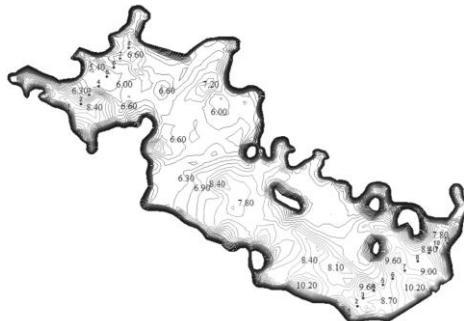
C.2 Hasil Simulasi Sedimentasi

a. Kedalaman Waduk (*Water Depth*)

Hasil simulasi sedimentasi berupa kontur kedalaman waduk pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan) dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 berikut:



Gambar 10. Kontur kedalaman waduk pada kala ulang 5 tahun selama 2160 jam (3 bulan)



Gambar 11. Kontur kedalaman waduk pada kala ulang 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

Hasil simulasi kedalaman hulu waduk di titik tinjauan pada kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Kedalaman hulu waduk pada titik tinjauan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

Titik tinjauan	Kedalaman waduk (m)		
	Awal	Kala ulang 5 tahun	Kala ulang 10 tahun
1	8.689	7.303	7.481
2	8.949	7.533	7.711
3	7.849	6.573	6.741
4	6.559	5.483	5.631
5	6.369	5.33	5.462
6	6.899	5.783	5.932
7	7.268	6.123	6.271
8	7.549	6.403	6.551
9	5.759	4.883	5.001

Hasil simulasi kedalaman hilir waduk di titik tinjauan pada kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan) dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

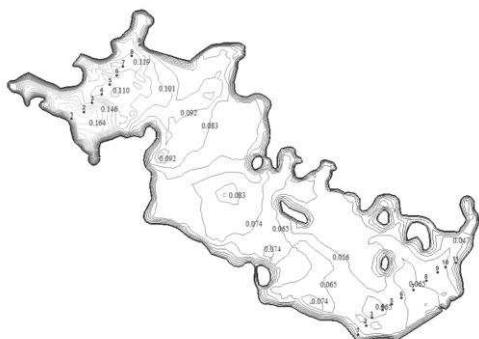
Tabel 5. Kedalaman hilir waduk pada titik tinjauan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

Titik tinjauan	Kedalaman waduk (m)		
	Awal	Kala ulang 5 tahun	Kala ulang 10 tahun
1	6,65	6,242	6,32
2	9,03	8,482	8,56
3	9,26	8,682	8,78
4	9,51	8,932	9,03
5	8,83	8,332	8,41
6	9,33	8,762	8,85
7	9,88	9,302	9,399
8	9,319	8,771	8,849
9	9,339	8,791	8,869
10	8,429	7,931	8,019
11	4,759	4,512	4,569

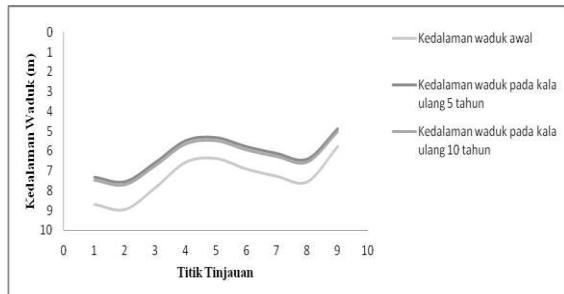
Berdasarkan hasil simulasi, nilai kedalaman hulu dan hilir waduk pada kala ulang 10 tahun lebih tinggi dibandingkan pada kala ulang 5 tahun. Hal tersebut dapat terjadi karena pengaruh besar kecilnya debit. Semakin besar debit semakin tinggi kecepatan maka kecepatan endap sedimen semakin lambat dan sebaliknya.

b. Perubahan Dasar Waduk (*Bed Change*)

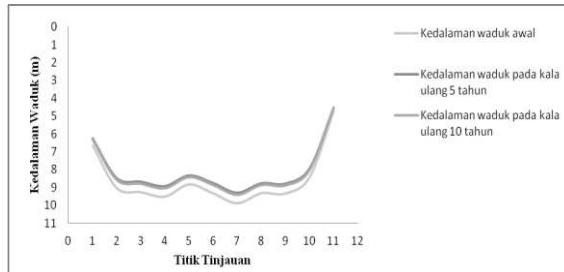
Hasil simulasi sedimentasi berupa perubahan dasar waduk pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan) dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 berikut:



Berdasarkan nilai kedalaman waduk, dapat digambarkan perubahan dasar hulu dan hilir waduk berdasarkan titik tinjauan pada kala ulang 5 dan 10 tahun seperti terlihat pada Gambar 14 dan Gambar 15 berikut:



Gambar 14. Perubahan dasar hulu waduk di titik tinjauan pada kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

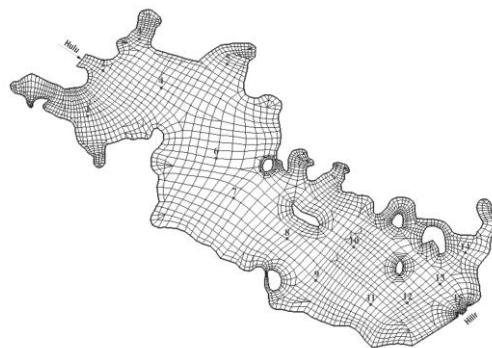


Gambar 15. Perubahan dasar hilir waduk di titik tinjauan pada kala ulang 5 dan 10 tahun selama 2160 jam (3 bulan)

Berdasarkan hasil simulasi, perubahan dasar hulu waduk lebih besar dibanding hilir waduk. Kondisi ini disebabkan oleh material kasar yang terbawa arus dari sungai mengendap di hulu waduk akibat perubahan kecepatan aliran oleh perubahan tampang yang ekstrim. Sedangkan material halus terbawa oleh arus hingga ke hilir waduk dan mengendap akibat kecepatan aliran yang makin ke hilir makin kecil.

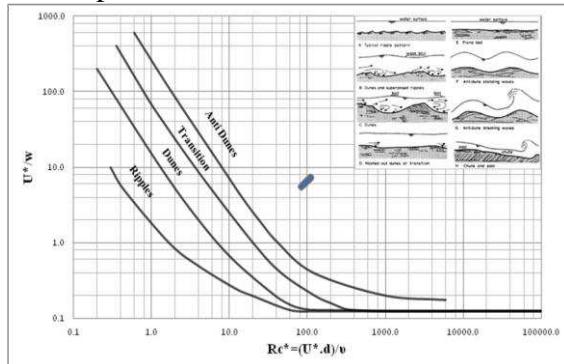
c. Konfigurasi Dasar Waduk

Dalam menentukan konfigurasi dasar waduk, diambil beberapa titik tinjauan secara acak. Titik tinjauan tersebut memiliki kedalaman yang berbeda-beda sehingga akan menghasilkan konfigurasi dasar yang berbeda pula. Adapun posisi dari titik tinjauan tersebut dapat dilihat pada Gambar 16 berikut:



Gambar 16. Titik tinjauan untuk menentukan konfigurasi dasar waduk

Hasil konfigurasi dasar waduk pada titik-titik tinjauan yang diperoleh grafik penentuan konfigurasi dasar waduk, dapat dilihat pada Gambar 17 berikut:



Gambar 17. Konfigurasi dasar waduk pada titik tinjauan

Konfigurasi dasar yang dihasilkan pada titik-titik tinjauan pada kala ulang 5 dan 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 8. Konfigurasi dasar waduk pada titik tinjauan

Titik Tinjauan	Konfigurasi dasar	
	5 tahun	10 tahun
1	Anti Dunes	Anti Dunes
2	Anti Dunes	Anti Dunes
3	Anti Dunes	Anti Dunes
4	Anti Dunes	Anti Dunes
5	Anti Dunes	Anti Dunes
6	Anti Dunes	Anti Dunes
7	Anti Dunes	Anti Dunes
8	Anti Dunes	Anti Dunes
9	Anti Dunes	Anti Dunes
10	Anti Dunes	Anti Dunes
11	Anti Dunes	Anti Dunes
12	Anti Dunes	Anti Dunes
13	Anti Dunes	Anti Dunes
14	Anti Dunes	Anti Dunes
15	Anti Dunes	Anti Dunes

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil analisis pola aliran dan pola sedimentasi pada Waduk Sei Paku adalah:

- a. Besarnya debit berbanding lurus dengan kecepatan, semakin besar debit semakin tinggi pula kecepatan aliran.
- b. Kedalaman tampungan pada kala ulang 5 tahun lebih rendah dibandingkan dengan kedalaman tampungan pada kala ulang 10 tahun. kondisi tersebut dipengaruhi oleh kecepatan aliran di waduk. Kecepatan aliran berbanding terbalik dengan kecepatan endap sedimen, semakin kecil kecepatan aliran maka sedimen akan lebih cepat mengendap.
- c. Konfigurasi dasar Waduk Sei Paku tergolong ke dalam phase “Anti Dunes”. Kondisi aliran pada dasar *anti dunes* merupakan aliran superkritis ($Fr > 1$) dimana interaksi gelombang muka air pada dasar menghasilkan gelombang *anti dunes* (silang siur) dengan bentuk gelombang yang relatif simetris. Dasar anti dunes terjadi akibat pertambahan debit aliran yang menyebabkan gelombang tegak akan bergerak kehulu dan pecah. Sehingga terjadi deposisi pada sisi hulu dan erosi pada sisi hilir.

Saran-saran yang dapat dikembangkan dari penelitian ini adalah:

- a) Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dalam menganalisis perubahan morfologi di sepanjang sungai.
- b) Pada simulasi sedimentasi, sebaiknya data kedalaman sedimen per satuan waktu diperoleh. Hasil dari simulasi akan dibandingkan dengan keadaan di

lapangan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Boss SMS, 2003. *User's Manual Surface water Modelling System, version 8.1*, Environmental Modeling Research Laboratory, Brigham Young University.
- Agustian, Agung. 2004. *Interpretasi beragam pola pengaliran.pdf*
- Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, 1988. *Transportasi Sedimen*. Yogyakarta.
- Gunawan, M.T, 2008. *Pemodelan Sedimentasi Waduk Bili-Bili dengan Software SMS*. Jurnal Al-Jibra, Vol. IX, No. 29, Agustus, hal. 65-73
- Harto BR, Sri, 2000. *Hidrologi*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta. Andi Offset.
- Sosrodarsono, Suyono, 2006. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Triatmojo, B, 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Robianto, M. 2011. *Pemodelan Sedimentasi Pada Bendung Tibun Kabupaten Kampar*. Skripsi Sarjana. Fakultas Teknik. Universitas Riau
- Wahyudi., & Jupantara. D. 2004. *Studi Simulasi Sedimentasi Akibat Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*. Jurnal Teknologi Kelautan, Vol. 8, No. 2, Juli,hal. 74 - 85