

PENGARUH POLA ALIRAN AIR TERHADAP KONSTRUKSI SEKAT KANAL DI LAHAN GAMBUT DENGAN UJI MODEL FISIK HIDRAULIK BANJIR

Fransisco HRHB¹, Alderina R. Nahan²

Abstraksi

Sebagai salah satu jenis lahan rawa, keberadaan air di lahan gambut sangat dipengaruhi oleh adanya hujan dan pasang surut air sungai. Perilaku dari keduanya akan berpengaruh terhadap tinggi dan lama genangan air di lahan gambut. Pengelolaan air di lahan gambut bertujuan untuk mengatur pemanfaatan sumber daya air secara optimal sehingga didapatkan hasil lahan yang maksimal, serta sekaligus mempertahankan kelestarian sumber daya lahan tersebut. Salah satu teknik pengelolaan air di lahan gambut dapat dilakukan dengan membuat saluran dan sekat kanal.

Sekat kanal atau *canal blocking* atau tabat adalah sekat-sekat yang dibuat di dalam sebuah kanal yang mana kanal-kanal tersebut sudah terlanjur ada di lahan gambut. Sekat kanal menjadi agenda nasional dalam merestorasi gambut dengan tujuan utamanya mengatasi kebakaran lahan akibat kerusakan ekosistem gambut. Mencegah kebakaran lahan gambut dengan menjaga lahan gambut tetap basah dianggap merupakan langkah yang lebih efektif dari pada penanggulangan cara lain.

Salah satu konstruksi sekat kanal dibangun di saluran primer desa Kameloh Baru, Kalamangan, Kota Palangka Raya yang dijadikan sebagai lokasi penelitian. Konstruksi ini diambil sebagai model prototipe uji model fisik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku aliran air pada saluran di lahan gambut setelah dibuat sekat kanal.

Penelitian ini menggunakan metode survei dan uji model fisik hidraulik dengan skala $H=1:30$ dan $V=1:10$. Survei lapangan antara lain pengukuran topografi penampang melintang, memanjang saluran dan pengukuran debit aliran air dengan jarak 100 m di hulu dan hilir konstruksi. Penelitian uji model fisik meliputi 3 jenis model fisik yaitu model seri 0, seri 1 dan seri 2 yang ditinjau terhadap pengaruh pola aliran akibat debit banjir rencana 5, 25, 50 dan 100 tahun. Dari uji model fisik tersebut akan diperoleh pengaruh pola aliran pada konstruksi sekat kanal di lahan gambut.

Kata Kunci : *Pola Aliran, Sekat Kanal, Lahan Gambut.*

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Beberapa permasalahan teknis yang ditemukan pada konstruksi sekat kanal antara lain (Suryadiputra et al., 2005): **a) kondisi tiang** yang dipasang melintang mengalami pembengkokan (*bending*) khususnya pada bagian tengah sekat, seperti gambar 26; **b) terjadi erosi/perembesan** air melalui sisi samping konstruksi sekat, terutama bila debit air cukup besar, sehingga air menggerus tanah gambut di sekitarnya kemudian membentuk cekungan baru sebagai jalur mengalirnya kelebihan air ke bagian saluran di bawahnya seperti gambar 26; **c) terjadi proses rembesan** pada bagian bawah (*underneath seepage*) dari lapisan karung-karung tanah, hal ini disebabkan menggelembungnya karung tanah dan juga adanya sisa-sisa tonggak/ batang kayu yang membentuk celah-celah berada pada lapisan bawah tanah gambut;

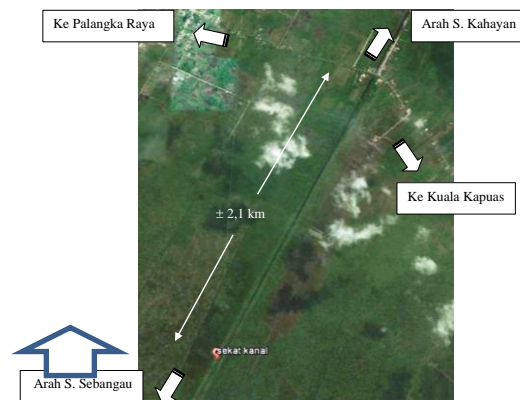
¹ Staf Pengajar di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

² Staf Pengajar di Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya



Gambar 26. Kondisi aliran air pada konstruksi sekat
(Sumber: Suryadiputra *et al.*, 2005)

Salah satu saluran primer yang dibuat sekat kanal berada di desa Kameloh Baru Kalampong, Kota Palangka Raya. Lokasi saluran primer dan sekat kanal yang menjadi obyek penelitian seperti gambar 27.



Gambar 27. Lokasi sekat kanal sebagai obyek penelitian
(Sumber: peta *Google Earth*, 2018)

Kondisi saluran yang ada seperti terlihat pada gambar 28 mengalami penurunan muka air pada saat kemarau. Sehingga untuk menjaga kedalaman permukaan air dibangun sebuah sekat kanal dengan konstruksi dari kayu bulat dan material pengisi sekat dari tanah setempat.



Gambar 28. Kondisi saluran dan konstruksi sekat di lokasi penelitian
(Sumber: dokumen survei, 2017)

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui **perilaku aliran air** pada saluran di lahan gambut setelah dibuat sekat kanal

KAJIAN PUSTAKA

a) Sekat Kanal

Sekat kanal atau *canal blocking* atau tabat adalah sekat-sekat yang dibuat pada sebuah kanal yang ada di lahan gambut. Tujuan pembangunan sekat kanal adalah untuk memulihkan kembali kondisi gambut menjadi basah dan lembab serta menata kembali lahan-lahan gambut yang sudah terlanjur digali. Sekat kanal menjadi agenda nasional dalam merestorasi gambut dengan tujuan utamanya mengatasi kebakaran lahan akibat kerusakan ekosistem gambut. Mencegah kebakaran lahan gambut dengan menjaga lahan gambut tetap basah dianggap merupakan langkah yang lebih efektif dari pada penanggulangan cara lain.

b) Skala Model

Skala model adalah rasio antara nilai masing-masing parameter yang ada di prototipe dengan nilai masing-masing parameter yang ada pada model. Prinsip pembuatan skala adalah membentuk kembali masalah yang ada pada prototipe dengan suatu angka perbandingan. Sehingga kejadian yang ada di model sebangun dengan kondisi di prototipe.

Ada dua jenis yang dapat digunakan dalam pemakaian skala model fisik hidrolik yaitu : 1) **Skala model sama** (*undistorted model*); adalah skala yang dipakai dalam pembuatan model dimana perbandingan skala horisontal dan vertikal sama.; 2) **Skala model tidak sama** (*distorted model*); adalah perbandingan antara skala horisontal dan vertikal tidak sama.

Skala model yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu tujuan dari pengujian, ketelitian yang diharapkan, fasilitas yang tersedia, waktu dan biaya yang diperlukan.

MATERI DAN METODE

1. Bahan dan Peralatan Survei Lapangan

Dalam pelaksanaan survei lapangan diperlukan bahan dan peralatan sebagai berikut: a) **Bahan**; tali rafia, tali *nylon*, cat pilox, patok kayu reng, kertas dan alat tulis, dan lain-lain; b) **Peralatan** yang diperlukan antara lain Theodolite dan bak ukur, *Current Meter* dan *Roll Meter* untuk mengukur jarak di lapangan

Survei dan pengukuran lapangan yang dilakukan yaitu : a) **Pengukuran debit saluran**; pengukuran menggunakan alat *Current meter* dengan interval jarak 10 m terhadap arah memanjang saluran dan interval 2 m terhadap arah melintang saluran; b) **Pengukuran penampang** memanjang dan melintang saluran menggunakan alat Theodolite dengan interval jarak 10 m; c) **Pengukuran kedalaman tanah mineral** (atau dari data sekunder); d) **Sampel tanah**; tanah dari lokasi dam diambil sebagai sampel untuk pembuatan model fisik saluran.

2. Fasilitas Uji Model

Untuk mendukung pelaksanaan uji model fisik pada penelitian ini, digunakan alat-alat dan perlengkapan antara lain : a) Kolam penampungan air; b) Pompa air; c) Bangunan ukur debit; d) Alat pengukur tinggi muka air; e) Alat pengukur kecepatan aliran.

Beberapa bagian prototipe yang ditirukan kedalam model menggunakan jenis dan besar dari nilai skala yang ditentukan, yaitu: a) **Saluran utama** terbuat dari tanah yang diambil dari lokasi sekat kanal; b) **Tipikal penampang** saluran dibuat berdasarkan hasil pengukuran memanjang dan melintang lapangan; c) **Konstruksi model** sekat kanal dibuat dari kayu profil bulat.

Dalam pengujian perilaku hidraulika aliran dan stabilitas sekat beberapa model yang diuji yaitu : a). **Model Seri 0**; merupakan model yang dibuat berdasarkan prototipe lapangan; b) **Model Seri 1**; merupakan model yang dibuat berdasarkan modifikasi prototipe lapangan dengan pelimpah di bagian tengah konstruksi;c) **Model Seri 2**; merupakan model yang dibuat berdasarkan hasil dari model sebelumnya.

Model diatas diuji atas variasi debit banjir rencana dengan periode ulang 5, 25, 50 dan 100 tahun.

3. Jenis Pengamatan, Pengukuran dan Analisis

Selama proses pengujian model terhadap berbagai variasi debit, pengamatan dan pengukuran dilakukan pada penampang yang telah ditentukan, meliputi:

- a. Pengukuran kedalaman air di saluran baik bagian hulu dan hilir dan di pelimpah.
- b. Pengukuran kecepatan aliran air di saluran dan di pelimpah.
- c. Pengamatan terhadap perilaku aliran air di sekitar model konstruksi sekat kanal.

Pengamatan dan pengukuran diatas untuk memperoleh data yang selanjutnya digunakan sebagai parameter pengujian seperti tabel 3.

Tabel 3. Parameter pengujian model

Deskripsi	Parameter		Jenis
	Notasi	Satuan	
- kapasitas saluran	Q	m ³ dt ⁻¹	kedalaman air
- kapasitas pelimpah	Q _s	m ³ dt ⁻¹	
kondisi aliran :			kedalaman aliran
- hulu dan hilir saluran			kecepatan aliran
- pelimpah			arah aliran
- sekitar konstruksi			

(Sumber: hasil pengolahan data, 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Hidrologi

a. Analisis Curah Hujan

Data curah hujan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan data stasiun bandara Tjilik Riwut Palangka Raya periode tahun 2006–2015. Metode yang digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana, yaitu cara statistik atau metode distribusi dari curah hujan harian maksimum rata-rata. dengan menggunakan beberapa jenis distribusi yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Normal 3 Parameter, Distribusi Log Pearson Tipe III dan Distribusi Gumbel.

Tabel 4. Rekapitulasi perhitungan curah hujan rencana (mm)

Periode (tahun)	Normal	Log Normal	Log Normal 3 Parameter	Log Pearson Tipe III	Gumbel Tipe I
2	143.9900	140.7803	143.6580	140.4504	139.5956
5	171.2286	169.8865	152.2869	169.8218	178.2998
10	185.4964	187.4608	156.9935	187.8037	203.9253
25	199.3848	206.3125	159.9848	209.2725	236.3032
50	210.4651	222.7030	165.5944	224.5387	260.3230
100	219.5446	237.1001	168.7378	239.3196	284.1654

(Sumber: hasil perhitungan, 2018)

Dari pengujian yang dilakukan di atas jenis sebaran yang memenuhi syarat adalah Log Pearson III.

b. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Oleh karena data aliran yang bersangkutan tidak tersedia maka dalam perhitungan debit banjir akan digunakan beberapa metode (Kamiana, 2010) yaitu :

1. Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Persamaan :

$$Q_r = \frac{C.I.A}{3,6} = 0,278 C . I . A \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

Q_r = debit maksimum rencana ($m^3 dt^{-1}$)

I = intensitas curah hujan selama konsentrasi (mm/jam) = $\frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T}\right]^{2/3}$

A = luas daerah aliran (km^2)

C = koefisien *run off*

T = waktu konsentrasi (jam) = $\frac{L}{W}$

2. Debit Banjir Rencana Metode Wedumen

Persamaan : $Q_n = \alpha \beta q_n A \dots\dots\dots (6)$

Dimana :

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta q + 7} ; \quad \beta = \frac{120 + [(t+1).(t+9)].A}{120 + A} ; \quad q_n = \frac{R_n}{240} \cdot \frac{67,65}{t + 1,45}$$

3. Debit Banjir Rencana Metode Hasper

Persamaan : $Q_n = \alpha \beta q_n A \dots\dots\dots (7)$

Dimana :

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 . A^{0,7}}{1 + 0,075 . A^{0,7}} ; \quad \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3,70 \times 10^{-0,4t}}{t^2 + 15} \cdot \frac{A^{0,75}}{12} ; \quad q_n = \frac{R_n}{3,6 t}$$

$$t = 0,10 \cdot L^{0,80} \cdot S^{-0,3}$$

Rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana seperti pada tabel 5 dan debit dari metoda Hasper memiliki nilai yang lebih konservatif dan mendekati kondisi sebenarnya.

Tabel 5. Rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana

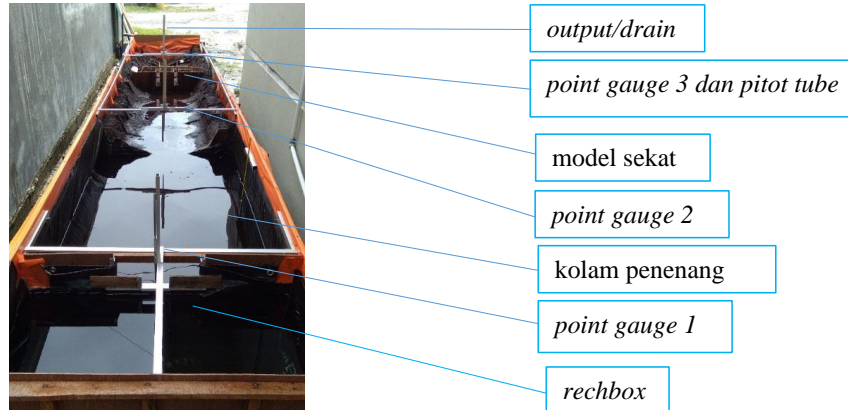
Periode Ulang (tahun)	Metoda Rasional Q_T ($m^3 dt^{-1}$)	Metoda Hasper Q_T ($m^3 dt^{-1}$)	Metoda Wedumen Q_T ($m^3 dt^{-1}$)
2	7.3064	15.9503	20.8944
5	8.8344	19.2858	25.2640
10	9.7698	21.3280	27.9391
25	10.8866	23.7661	31.1329
50	11.6808	25.4998	33.4041
100	12.4497	27.1784	35.6030

(Sumber: hasil perhitungan, 2018)

2. Pengujian Model

a. Model fisik saluran

Model fisik saluran dan sekat dibuat dengan skala horisontal 1:30 dan skala vertikal 1:10 sesuai dengan hasil pengukuran lapangan seperti gambar 29.



Gambar 29. Model fisik saluran dan instrument ukur
(Sumber: hasil pengukuran dan perhitungan, 2018)

b. Model Fisik Sekat Kanal

Setelah adanya konstruksi sekat kanal maka pola aliran air di saluran mengalami perubahan karena adanya peningkatan energi dan turbolensi aliran seperti pada gambar 30.



Pola aliran air di hilir model seri 0



Pola aliran air di hilir model seri 1



Pola aliran air di hilir model seri 2

Gambar 30. Pola aliran air di hilir model
(Sumber: pengukuran , 2018)

3. Rekapitulasi Hasil Uji Model Fisik

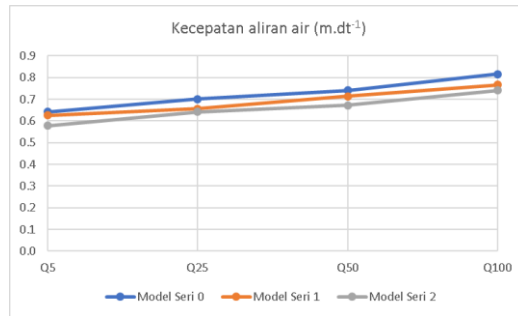
Dari hasil uji model fisik model seri 0, 1 dan 2 dapat dibuat rekapitulasi hasil uji model fisik terhadap perilaku aliran seperti disajikan tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi uji model fisik terhadap perilaku aliran

Tinjauan	Debit banjir rencana	Model Seri 0	Model Seri 1	Model Seri 2
Tinggi muka air di hulu (cm)	Q5	15.4	15.5	22.6
	Q25	16.1	16	25
	Q50	27.2	27.3	27.8
	Q100	29	29	29.4
Tinggi muka air di hilir (cm)	Q5	11	11.5	19.9
	Q25	13.6	13.3	23.3
	Q50	25.2	26.1	26.1
	Q100	27	27.5	27.8
Kecepatan aliran air (m dt ⁻¹)	Q5	0.64189	0.62642	0.57753
	Q25	0.70036	0.65699	0.64189
	Q50	0.74119	0.71423	0.67176
	Q100	0.81675	0.76720	0.74119
Kedalaman gerusan hulu pelimpah (cm)	Q5	1	3	-
	Q25	3	5	-
	Q50	6	7	-
	Q100	8	9	-
Debit rembesan (m ³ dt ⁻¹)	Q5	0.00791	0.00791	0.00591
	Q25	0.00880	0.00880	0.00658
	Q50	0.00962	0.00962	0.00720
	Q100	0.01031	0.01031	0.00771

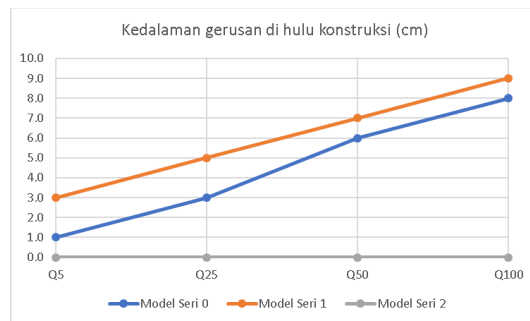
(Sumber: hasil pengukuran dan perhitungan, 2018)

Dari hasil tabel 6 diatas dapat diketahui bahwa model seri 0 dan 1 dengan 2 saluran pelimpah menghasilkan kecepatan aliran dan gerusan yang lebih besar dari model seri 2. Model seri 0 tidak mampu menampung debit banjir periode ulang 50 tahun (Q50) dan 100 tahun (Q100). Saat debit banjir tersebut terjadi tinggi air melebihi konstruksi sekat (terjadi limpasan) sehingga berpotensi menggerus tanah timbunan dan tanggul tepi sekat kanal. Saat debit rencana Q5 tinggi muka air pada model seri 2 tidak terjadi limpasan air pada konstruksi sekat.



Gambar 31. Kecepatan aliran air pada di bagian hilir model seri 0
(Sumber: hasil pengukuran dan perhitungan , 2018)

Dari gambar 31 model seri 2 kecepatan aliran air yang terjadi lebih rendah dari model lainnya. Sehingga aliran air yang terjadi berpengaruh lebih kecil terhadap konstruksi sekat kanal dan tanggul di hilir.



Gambar 32. Kedalaman gerusan
(Sumber: hasil pengukuran dan perhitungan , 2018)

Dari gambar 32 pada model seri 2 tidak terjadi gerusan karena ada penambahan konstruksi lantai di hulu konstruksi. Gerusan terbesar terjadi pada model seri 1 yaitu sebesar 9 cm atau 90 cm pada aktual lapangan.

Dari hasil rekapitulasi terhadap aliran diatas dapat diketahui kelebihan dan kekurangan untuk masing-masing model fisik seperti dideskripsikan pada tabel 7.

Tabel 7. Deskripsi kelebihan dan kekurangan model uji fisik

Model Uji Fisik	Kelebihan	Kekurangan
Model Seri 0	<ul style="list-style-type: none"> - bahan kayu bulat mudah didapat - pengerjaan lebih mudah karena alat sambung berupa paku - aliran air lebih mengarah ke saluran pelimpah 	<ul style="list-style-type: none"> - tinggi sekat kurang untuk debit banjir Q50 dan Q100 - konstruksi dinding terjadi deformasi - saluran pelimpah kurang lebar - terjadi gerusan tanah dasar saluran di hilir pelimpah - terjadi rembesan - karena ada 2 saluran pelimpah maka terjadi aliran <i>vortex</i> di hilir sekat - terjadi <i>feedback water</i> di kedua sisi pelimpah sehingga cenderung menggerus tanggul

Model Seri 1	<ul style="list-style-type: none"> - bahan kayu bulat mudah didapat - pengerjaan lebih mudah karena alat sambung berupa paku 	<ul style="list-style-type: none"> - tinggi sekat kurang untuk debit banjir Q50 dan Q100 - pengerjaan radius dinding sulit - saluran pelimpah kurang lebar - terjadi rembesan - terjadi gerusan tanah dasar saluran di hilir pelimpah - terjadi aliran <i>vortex</i> dan <i>feedback water</i> di hilir pelimpah sehingga cenderung menggerus dasar dan tanggul
Model Seri 2	<ul style="list-style-type: none"> - tinggi sekat cukup untuk debit banjir Q50 dan Q100 - tinggi muka air hulu 2,3 m (debit rencana Q5) - saluran pelimpah lebar - <i>vortex</i> yang terjadi kecil dan <i>feedback water</i> hanya terjadi di tengah hilir sekat 	<ul style="list-style-type: none"> - bahan kayu bulat harus pilihan (L=6 m) - pengerjaan lebih sulit karena alat sambung suai berupa baut - material konstruksi lebih banyak (biaya lebih mahal) - gerusan tanggul akibat <i>feedback water</i>

(Sumber: hasil pengukuran dan perhitungan, 2018)

Model seri 2 menggunakan debit banjir rencana Q5 = 19.2858 m³ dt⁻¹, di saluran bagian hulu tinggi muka air 2.26 m (tinggi rencana 2.3 m) dan tinggi tanggul 2.5 m. Tanah gambut di kiri dan kanan saluran bagian hulu dapat dipertahankan ketinggian air tanahnya yaitu 0.2 m dari yang disyaratkan 0.4 m. Dengan terendahnya tanah gambut ini diharapkan bahaya kekeringan yang berpotensi kebakaran lahan dapat diminimalkan. Selain itu tinggi air rencana tersebut dapat dimanfaatkan untuk vegetasi yang ada di sekitar bangunan sekat kanal baik yang tumbuh alami maupun yang dikelola oleh masyarakat. Saat debit banjir Q50 = 25.4998 m³ dt⁻¹ dan Q100 = 27.1784 m³ dt⁻¹ terjadi maka lahan di kiri dan kanan saluran berpotensi terjadi banjir karena ketinggian muka air 2.94 m melebihi tinggi tanggul. Hal ini tidak dapat dihindari karena secara topografi tinggi tanggul di kiri dan kanan saluran yang dibangun sekat kanal lebih rendah dari tinggi muka air akibat debit banjir tersebut. Solusi yang dapat diberikan untuk masalah tersebut adalah dengan membuat saluran baru (saluran sekunder) dan menambah tinggi tanggul di kiri dan kanan saluran.

Model seri 2 menjadi model rekomendasi mampu berfungsi baik dan memiliki stabilitas yang aman dengan debit rencana Q5. Hal yang harus diperhatikan adalah saat debit banjir Q25, Q50 dan Q100 terjadi maka konstruksi sekat model rekomendasi terjadi *piping* yang dapat menggerus tanah dasar saluran bagian hilir. Kondisi ini dapat mengganggu stabilitas konstruksi sekat karena hilangnya tanah dasar pijakan tiang kayu bulat. Solusi yang dapat diberikan untuk masalah ini adalah menambah kedalaman pancang kayu bulat dan menambah panjang lantai di hilir konstruksi sekat.

KESIMPULAN

Hasil dari uji model fisik dan analisis yang telah dilakukan terhadap model seri 0, model seri 1 dan model seri 2 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. **Model seri 0** hanya mampu menampung debit banjir rencana Q5 dan Q25. Pada kondisi Q50 dan Q100 saluran pelimpah yang ada tidak mampu mengalirkan debit yang terjadi sehingga terjadi limpasan air pada konstruksi sekat kanal. Kondisi ini mengakibatkan terjadi gerusan tanah pengisi tubuh sekat dan membuat aliran air baru di bagian tanggul samping konstruksi sekat kanal. Pola aliran air di hilir pelimpah terjadi *vortex* dan aliran air balik.

2. **Model seri 1** memiliki perilaku pola aliran yang hampir sama dengan model prototipe. Di hilir konstruksi sekat terjadi *vortex* pada kedua sisi pelimpah sehingga pola aliran cenderung menggerus tebing tanggul. Karena geometri model yang melengkung maka pada bagian hulu aliran air disamping mengarah ke saluran pelimpah juga cenderung mengarah ke tepi tanggul konstruksi sekat. Hal ini mengakibatkan tanah tanggul bagian tepi konstruksi sekat tergerus.
3. **Model seri 2** pada debit banjir Q100 ketinggian air menggenangi tanggul tapi tidak terjadi *overtopping* pada konstruksi sekat kanal. Di hilir pelimpah pola aliran cenderung menggerus tebing tanggul karena adanya aliran air balik dengan pengaruh sepanjang ± 20 m. Penambahan konstruksi lantai di hilir memberi pengaruh pada *vortex* yang terjadi berkurang dan tidak terjadi gerusan di dasar saluran akibat terjunan air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung dan terlibat dalam penelitian ini baik saat pengumpulan data awal, survei lapangan dan selama pengujian model.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W. C., I N.N. Suryadiputra, Bambang Hero Saharjo dan Labueni Siboro. 2005. Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor. Indonesia.
- Adi Jaya, J.O. Rieley, T. Artiningsih, Y. Sulistiyanto, and Y. Jagau. 2001. Utilization of deep tropical peatland for agriculture in Central Kalimantan. Pp. 125-131. In: Rieley, J.O & S.E. Page (Eds.). Symposium Proceeding on Peatlands for Natural Resources Function and Sustainable Management, Jakarta.
- Agus, Fahmuddin dan I.G. Made Subiksa.. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Bogor, Indonesia. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre - ICRAF, South East Asia.
- Apriyanto, M. Ihwan Yani, Suradji Gandi. 2016. Pengaruh Nilai Porositas Terhadap Nilai Konsolidasi dari tanah Gambut. Jurnal Proteksi,, Volume 2 Nomor 1, Hal. 72-79. Jurusan/Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.
- Arafat, Yassir. 2005. Studi Model Fisik Stabilitas Sand Boiling pada Konstruksi Bendung (Kasus Tanah Berpasir dengan Lapisan Homogen. Jurnal SMARTek, Volume 3, Nomor 2, Hal. 86-92.
- Ariani, N. dan Asrulfa, Y.D. 2012. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Rembesan Pada Embung Babadan, Desa Girikerto, Kec. Turi, Kab. Sleman, Yogyakarta. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2/th XVII. Hal. 15-32.
- Ayob, Katimon dan Ahmad Khairi Abd Wahab. 2003. Hydrologic Characteristics of Drained Tropical Peat Catchment: Runoff Coeficients, Water Table dan Flow Duration Curves. Jurnal Teknologi, 38(B), Universiti Teknologi Malaysia.
- Bambang, T. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta.
- Basah K Suryolelono. 1994. Teknik Fondasi Bagian II, Nafiri, Yogyakarta.
- Bureau Reclamation. 1976. Design Of Gravity Dams. A Water Resources Technical Publication, United States Departement of Interior, Denver, Colorado.

- Bureau Reclamation. 1987. Design Of Small Dams. Third Edition. A Water Resources Technical Publication, United States Departement of Interior, Denver, Colorado.
- Chow, V.T. 1988. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Company, New York.
- De Vries, M. 1982. Scale Model in Hydraulics Engineering, Delft.
- Erlina, Nova. 2017. Analisis Pembangunan Canal Blocking Sebagai Solusi Pencegahan Kebakaran Lahan Gambut di Desa Sungai Tohor Kabupaten Kepulauan Meranti. JOM Fisip Volume 4, Nomor 2, Hal. 1-15.
- Fitriana, Nur. 2014. Analisis Gerusan di Hilir Bendung TipeVlughter (Uji Model Laboratorium). Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Volume 2, Nomor 3, Hal. 418-423.
- Handali, S. dan Royano, R.B.Karakteristik Geoteknik Tanah Gambut di Tumbang Nusa Kalimantan Tengah. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 1/th XIX/2014, Hal. 12-24.
- Kamiana, I Made. 2010. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kodoatie, R., J. dan Sugiyanto, 2002. Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Landry, Josee dan Rochefort, Line. 2012. The Drainage of Peatlands: impacts and rewetting techniques. Departement de phytologie, Universite Laval. Quebec.
- Loebis, J., 1987. Banjir Rencana Untuk Bangunan Air. Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Lufira, R., D., Marsudi, S. 2015. Analisis Uji Model Fisik Pelimpah Bendungan Sukahurip di Kabupaten Pangadaran Jawa Barat. Jurnal Teknik Pengairan, Volume 6, Nomor 1, Hal. 14-21, Universitas Brawijaya, Malang.
- Masimin. 2009. Implementasi canal blocking. Laporan Utama. Scientific Stidies for the Rehabilitation and Management of the Tripa Peat-Swamp Forest. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Moelyadi, M., Firdaus, A. 2012. Karakteristik Sumber Air Pada Lahan Budi Daya di Lingkungan Lahan Gambut Kalimantan Tengah. Buletin Geologi Tata Lingkungan (*Bulletin of Enviromental Geology*), Volume 22, Nomor 1, Hal. 49-61.
- Montarich L. 2009. Hidrologi Teknik Terapan. Malang: Astori.
- Mutalib, A.A, J.S. Lim, M.H. Wong and L. Koonvai. 1991. Characterization, distribution and utilization of peat in Malaysia. Proc. International Symposium on tropical peatland. 6-10 May 1991, Kuching, Serawak, Malaysia.
- Najiyati, S., Lili Muslihat dan I Nyoman N. Suryadiputra. 2005. Panduan pengelolaan lahan gambut untuk pertanian berkelanjutan. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor. Indonesia.
- Narita, Kunitomo. 2000. Design and Construction of Embankment Dams, Dept. of Civil Eng., Aichi Institute of Technology.
- Page, S.E., Siegeer, F., Rieley, J. O., Boehm, H. V., Jaya A. and Limin, S. H. 2002. Interdependence of Peat and Vegetation in Tropical Peat Swamp Forest. *Phil. Trans. R. Soc. Royal society*, 354: 1885-1897.
- Rahayu, Wiwik. 2015. Tanah Gambut Melalui Uji Triaksial Consolidated Undrained dan Unconsolidated Undrained. Jurnal Teknik Sipil, Volume 22, Nomor 3, Hal. 201-208.
- Sabiham, S. 2000. Kadar air kritis gambut Kalimantan Tengah dalam kaitannya dengan kejadian kering tidak balik. J. Tanah Tropika 11:21-30.

- Salampak. 1999. Peningkatan Produktivitas Tanah Gambut yang Disawahkan dengan Pemberian Bahan Amelioran Tanah Mineral Berkadar Besi Tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sari, Marlina. 2016. Kajian Curah Hujan untuk Pemutahiran Tipe Iklim Beberapa Wilayah di Kalimantan Tengah. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, Volume 1, Nomor 12, Hal. 9-17.
- SNI 2415. 2016. Tata cara perhitungan debit banjir rencana. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 8066. 2015. Tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 3965. 2008. Tata cara pembuatan model fisik sungai dengan dasar tetap. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 3411. 2008. Tata cara pengukuran tinggi muka air pada model fisik. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 3410. 2008. Tata cara pengukuran pola aliran pada model fisik. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 3409. 2008. Tata cara pengukuran kecepatan aliran pada uji model hidraulik fisik dengan tabung pitot. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-1724. 1989. Pedoman perencanaan hidrologi dan hidraulik untuk bangunan di sungai. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Soewarno. 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.
- Soewarno. 1991, *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Nova, Bandung.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K. 1993. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Subarkah, Imam, Ir. 1998. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma, Bandung.
- Sulistiyanto, Y. 2017. *Dinamika Hara pada Hutan Rawa Gambut Tropika*. PT. Kanisius, Yogyakarta.
- Suryadiputra, I N.N., Alue Dohong, Roh, S.B. Wasposito, Lili Muslihat, Irwansyah R. Lubis, Ferry Hasudungan, dan Iwan T.C. Wibisono. 2005. *Panduan Penyekatan Parit dan Saluran di Lahan Gambut Bersama Masyarakat*. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor
- Swenty, B. J. 1989. *Engineering Analysis of Dams*. Department of Natural Resources Division of Geology and Land Survey, Rolla.
- Triatmodjo, Bambang. 1996. *Hidrolika I dan II*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Wangsadipura, Muljana. 2005. Analisis Hidraulik Aliran Bawah Permukaan Melalui Media Gambut (Studi Kasus Lahan Perkebunan Kelapa di Guntung-Riau). *Jurnal Teknik Sipil*, Volume 12, Nomor 1, Hal. 21-34.
- Wijaya Adhi, I.P.G. 1996. *Pengelolaan Tanah dan Air*. Makalah Intern Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Wijaya Adhi, I.P.G. 1995. Developing tropical peatlands for agriculture. In Rieley, J.O., and S.E. Page (ed.). *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands*. Proceed. Int. Symp. on Biodiversity, Environmental Importance, and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands, Palangka Raya, 4-8 September 1995.
- Wijaya Adhi, I.P.G., K. Nugroho, D. Ardi S. dan A. S. Karama. 1992. Sumberdaya lahan rawa: potensi, keterbatasan dan pemanfaatan. Dalam: Sutjipto, P. dan Mahyudin Syam. (eds). *Pengembangan Terpadu Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak*. Proseding Risalah Nasional

Pengembangan Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak . Bogor, 3-4 Maret 1992. p. 176-188.

Wijaya Adhi, I.P.G. 1988. Pengaruh drainase dan kedalaman pengupasan gambut terhadap beberapa sipat kimia tanah dan produksi tanaman padi. Dalam prosiding Seminar Penelitian Pasang Surut dan Rawa Swamp II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Deprtemen Pertanian.

Yuliani, Febri. 2017. Pelaksanaan Canal Blocking Sebagai Upaya Restorasi Gambut di Kabupaten Meranti Provinsi Riau. Spirit Publik, Volume 12, Nomor 1, Hal. 69-84.