

ANALISIS PENGARUH WAKTU DAN TINGGI MUKA AIR TERHADAP GERUSAN DENGAN UJI MODEL FISIK

(Analysis Of The Effect Of Time And Water Level On Scour With Physical Model Tests)

Samuel Janariko Siagian¹

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: samueljanariko27@gmail.com

Haiki Mart Yupi²

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: haikimartyupi@jts.upr.ac.id

I Made Kamiana³

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: kamianamade@eng.upr.ac.id

Abstract: Canal blocking are barriers made on a canal found on peatland. The purpose of building canal barriers is to restore the condition of peatlands to remain wet and moist and reorganize peatlands that have been dug in order to overcome forest and land fires caused by damage to peat ecosystems. Analysis of scouring on concrete canal blocking in 20 m span channels on tropical peatlands is very important to determine the effect of downstream time and height on the scour. Tropical peatlands have different characteristics from other lands, so special research is needed to determine the effect of downstream time and height on the scouring of concrete canal blocking in 20 m span channels. The research data collection method uses observation techniques and experimental tests of the length of time and height of the downstream water table on the concrete canal blocking. The results showed that downstream time and height affected the scouring of concrete canal blocking in 20 m span channels on tropical peatlands. The longer the time and the lower the water level downstream, the greater the scouring on the concrete canal block.

Keywords: Canal blocking, Time, Water level, Scour, Model test

Abstrak: Sekat kanal adalah sekat-sekat yang dibuat pada suatu kanal yang terdapat pada lahan gambut. Tujuan dibangunnya sekat kanal adalah untuk memulihkan kembali kondisi lahan gambut supaya menjadi tetap basah dan lembab serta menata kembali lahan-lahan gambut yang sudah terlanjur digali agar dapat mengatasi kebakaran hutan dan lahan yang diakibatkan oleh kerusakan ekosistem gambut. Analisis gerusan pada sekat kanal beton di saluran bentang 20 m pada lahan gambut tropis sangat penting untuk mengetahui pengaruh waktu dan ketinggian hilir pada gerusan tersebut. Lahan gambut tropis memiliki karakteristik yang berbeda dengan lahan lainnya, sehingga perlu dilakukan penelitian khusus untuk mengetahui pengaruh waktu dan ketinggian hilir pada gerusan sekat kanal beton di saluran bentang 20 m. Metode pengumpulan data penelitian menggunakan teknik observasi dan uji eksperimen lama waktu dan ketinggian muka air bagian hilir pada sekat kanal beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu dan ketinggian hilir mempengaruhi gerusan pada sekat kanal beton di saluran bentang 20 m pada lahan gambut tropis. Semakin lama waktu dan semakin rendah ketinggian muka air di hilir, maka gerusan pada sekat kanal beton semakin besar.

Kata kunci: : Sekat kanal, Waktu, Tinggi muka air, Gerusan, Uji model

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Di Indonesia, lahan gambut tersebar dalam wilayah ekosistem rawa, rawa pasang surut, dan rawa lebak yang masing – masing mempunyai sifat dan karakteristik gambut berbeda. Lahan gambut perlu didrainase agar dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian atau perkebunan. Gambut didefinisikan sebagai material organik yang terbentuk secara alami dari sisa – sisa tumbuhan yang terdekomposisi. (Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia nomor 71, 2014).

Ada beberapa jenis infrastruktur pembasahan gambut yang umum dipergunakan untuk pemulihan hidrologi gambut, diantaranya sekat kanal (*canal blocking*). Penimbunan kanal (*canal backfilling*), sumur bor (*deep well*) dan lain-lain sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. *Canal Blocking* adalah penutupan atau penyekatan parit, sungai, atau kanal baik secara permanen atau tidak yang berfungsi untuk menjaga kondisi tata air dan elevasi muka air tetap stabil.

Kegunaan dari penelitian ini adalah mengetahui stabilitas sekat kanal dan mengetahui faktor yang mempengaruhi sekat kanal, serta mengetahui jenis sekat kanal ini bisa digunakan pada kanal-kanal bentang 20 meter di Kalimantan. Sistem kanal ini akan membuang kelebihan air ketika musim hujan dan menahan air saat musim kemarau sehingga air tanah akan terjaga, gambut akan kembali basah dan tidak mudah terjadi kebakaran.

(Dohong, *et al.*, 2017).

TINJAUAN PUSTAKA

Sekat Kanal

Sekat kanal adalah sekat-sekat yang dibuat pada suatu kanal yang terdapat pada lahan gambut. Tujuan dibangunnya sekat kanal adalah untuk memulihkan kembali kondisi lahan gambut supaya menjadi tetap basah dan lembab serta menata kembali lahan-lahan gambut yang sudah terlanjur digali agar dapat mengatasi kebakaran hutan dan lahan yang diakibatkan oleh kerusakan ekosistem gambut (Baru dan Nahan, 2018).

Gambut

Gambut merupakan jenis lahan basah yang terbentuk dari timbunan – timbunan material organik sisa – sisa pohon rerumputan lumut dan jasad hewan yang membusuk di dalam tanah (Agus *et al.*, 2014)

Model Fisik

Model fisik atau biasa disebut model skala adalah menirukan bangunan prototipe sebagai model miniatur dengan menggunakan skala tertentu, akan tetapi tetap memperhatikan hubungan antara prinsip konsistensi dan parameter skala yang harus dipenuhi (De Vries, M, 1977).

Skala Model

Skala model adalah perbandingan antara nilai masing-masing parameter yang ada di prototipe dengan nilai masing-masing parameter yang ada pada model. Prinsip pembuatan skala model adalah membentuk kembali permasalahan yang terdapat pada prototipe dengan menggunakan angka pembanding. Sehingga perubahan kondisi yang terjadi pada model akan sebangun dengan kondisi yang terjadi pada prototipe (Baru dan Nahan, 2018).

Skala Panjang

$$nL = \frac{L_p}{L_m} \quad (1)$$

Skala luas

$$nA = \frac{A_p}{A_m} = \frac{b_p h_p}{b_m h_m} n_L n_h \quad (2)$$

Skala Volume

$$nV = \frac{V_p}{V_m} = \frac{L_p b_p h_p}{L_m b_m h_m} n_L n_L n_h = n_L^2 n_h \quad (3)$$

Skala Kecepatan

$$\left[\frac{V}{\sqrt{gh}} \right]_p = \left[\frac{V}{\sqrt{gh}} \right]_m ; \frac{V_p}{V_m} = \frac{h_p^{1/2}}{h_m^{1/2}} ; nV = n_h^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Skala Debit

$$nQ = n_A \cdot n_V = n_L n_h n_h^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Skala Waktu

$$nT = \frac{n_L}{n_V} = n_L n_h^{-\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Keterangan :

A_m	: Luas model (m^2)
A_p	: Luas prototipe (m^2)
b_m	: lebar model (m)
b_p	: lebar prototipe (m)
L_m	: panjang model (m)
L_p	: panjang prototipe (m)
n_A	: skala luas
n_h	: skala tinggi
n_L	: skala panjang
n_Q	: skala debit
n_t	: skala waktu
n_v	: skala kecepatan
n_V	: skala volume
V_m	: volume model (m^3)
V_p	: volume prototipe (m^3)

METODE

Metode yang digunakan pada saat penelitian adalah uji eksperimental dan observasi, penelitian ini dilakukan pada tanggal 23 September 2022 sampai dengan 5 November 2022. Tahap awal penelitian ini adalah mengumpulkan data ukuran dimensi penampang kanal, kecepatan, dan ketinggian air. Selanjutnya, melakukan analisis dan pembuatan desain model sekat kanal untuk membuat model fisik sekat kanal konstruksi terbuat dari beton. Tahapan akhir pada penelitian ini adalah melakukan pengujian model fisik dengan cara mengukur perubahan yang ada pada model sekat kanal dan mencatat hasil penelitian pada tabel yang telah disiapkan.

Lokasi Penelitian

uji model fisik sekat kanal untuk penelitian ini, dilakukan di Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya dengan titik koordinat lokasi berada pada $2^{\circ}13'29.44''S$ $113^{\circ}53'33.09''E$. di Jalan G.obos 7, Gang VII, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah.

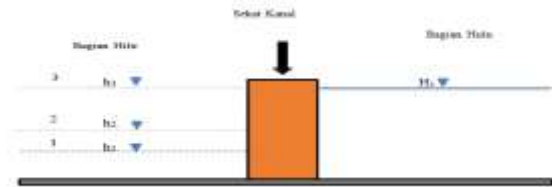


Gambar 1 Lokasi Penelitian

Variasi Pengujian

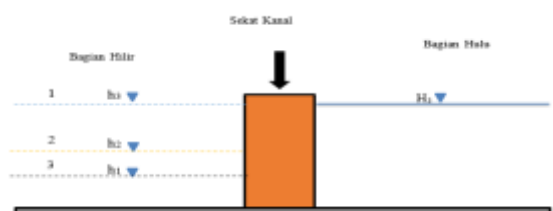
Terdapat 2 jenis skema yang akan dilakukan pada saat pengujian model fisik sekat kanal antara lain:

1. Tinggi muka air pada bagian hilir (h_1, h_2, h_3) ditetapkan sebesar = 16 cm, 20 cm, dan 28 cm dan dimulai dengan ketinggian yang pertama dilakukan uji coba ialah 16 cm hingga sampai ke 28 cm berbeda dengan kondisi muka air di hulu (h_2) sebesar 28 cm (air di bagian hulu dalam keadaan penuh dan melimpah). Dan akan diuji dengan variasi waktu (t_1), (t_2) dan kecepatan (v_1), (v_2). Dapat dilihat pada **Gambar 3**



Gambar 2 Skema 1 Pengujian Model Fisik Sekat Kanal Guna Mendapatkan Nilai Gerusan

2. Tinggi muka air pada bagian hilir (h_1, h_2, h_3) ditetapkan sebesar = 16 cm, 20 cm, dan 28 cm dan dimulai dengan ketinggian yang pertama dilakukan uji coba ialah 28 cm hingga sampai ke 16 cm berbeda dengan kondisi muka air di hulu (h_2) sebesar 28 cm (air di bagian hulu dalam keadaan penuh dan melimpah). Dan akan diuji dengan variasi waktu (t_1), (t_2) dan kecepatan (v_1), (v_2). Dapat dilihat pada **Gambar 4**

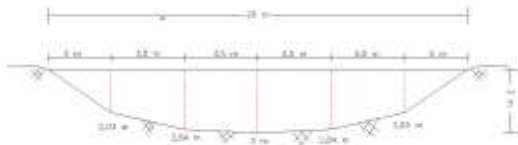


Gambar 3 Skema 2 Pengujian Model Fisik Sekat Kanal Guna Mendapatkan Nilai Gerusan

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data merupakan langkah awal untuk mendesain sekat kanal pada penelitian ini. Adapun data yang diperlukan seperti kecepatan aliran, kedalaman air, dan bentuk penampang saluran. Proses pengumpulan data dilakukan secara dokumentasi, artinya data yang didapatkan bersumber dari buku, arsip atau dokumen-dokumen pada instansi yang berkaitan dengan penelitian ini.

Untuk data yang didapatkan adalah kecepatan aliran 0,1 m/s, bentang saluran 20 m, dan tinggi muka air adalah 3 m (FP UPR-KLHK, 2020).

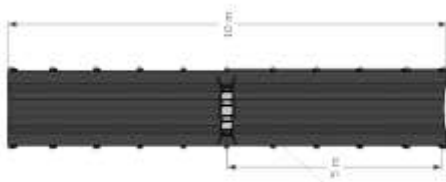


Gambar 4 Bentuk penampang melintang saluran di Desa Kameloh Baru

HASIL DAN PEMBAHASAN

Saluran (Flume)

Pada Pengujian ini digunakan saluran yang terbuat dari kayu dengan dimensi berukuran panjang 10 m dan lebar 1,5 m dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Saluran flume penelitian tampak atas



Gambar 6. Saluran flume penelitian tampak samping

Gambar 5 dan Gambar 6 di atas adalah desain flume pada penelitian. Pada gambar 5 dan 6 di tambahkan pintu sebagai pengatur ketinggian muka air. Dan di dalam saluran dilapisi oleh terpal agar tanah gambut dan air yang berada di dalam saluran tidak mengalami gangguan.



Gambar 7. Bentuk penampang melintang saluran di Desa Kameloh Baru

Agar menyerupai kondisi saluran pada prototipe, maka digunakan papan triplek sebagai acuan untuk mengatur bentuk saluran agar menyerupai saluran aslinya.

Model Sekat

Perhitungan model sekat kanal yang digunakan perhitungan skala model distorsi, dimana skala horizontal dan vertikal tidak sama. Data yang digunakan dalam perhitungan model sekat kanal beton antara lain :

Lebar pada prototipe (L_p) = 28 m

Lebar pada model (L_m) = 1,4 m

Tinggi pada prototipe (h_p) = 5 m

Tinggi pada model (h_m) = 0,5 m

Skala Panjang

$$\begin{aligned} \text{Skala lebar } (n_L) &= \frac{L_p}{L_m} \\ &= \frac{28}{1,4} \\ &= 20 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Skala tinggi } (n_h) &= \frac{h_p}{h_m} \\ &= \frac{5}{0,5} \\ &= 10 \end{aligned} \quad (2)$$

Skala Luas

$$\begin{aligned} n_A &= \frac{A_p}{A_m} = \frac{b_p \times h_p}{b_m \times h_m} = n_L \times n_h \\ &= 20 \times 10 \\ &= 200 \end{aligned} \quad (3)$$

Skala volume

$$\begin{aligned} (n_v) &= \frac{V_p}{V_m} = \frac{L_p \times b_p \times h_p}{L_m \times b_m \times h_m} = n_L \times n_L \times n_h \\ &= n_L^2 \times n_h \\ &= 20^2 \times 10 \\ &= 4000 \end{aligned} \quad (4)$$

Skala kecepatan

$$\left[\frac{v}{\sqrt{gh}} \right]_P = \left[\frac{v}{\sqrt{gh}} \right]_M \quad (5)$$

$$\frac{v_p}{v_m} = \frac{h_p^{\frac{1}{2}}}{h_m^{\frac{1}{2}}} \quad (6)$$

$$nv = n_h^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$= 10^{\frac{1}{2}}$$

$$= 3,16$$

Skala Debit

$$n_Q = n_L \times n_h \times n_v \quad (8)$$

$$= n_L \times n_h \times n_h^{\frac{1}{2}}$$

$$= n_L \times n_h^{\frac{3}{2}}$$

$$= 20 \times 10^{\frac{3}{2}}$$

$$= 632,45$$

Skala Waktu

$$n_T = \frac{n_L}{n_v} \quad (9)$$

$$= n_L \times n_h^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

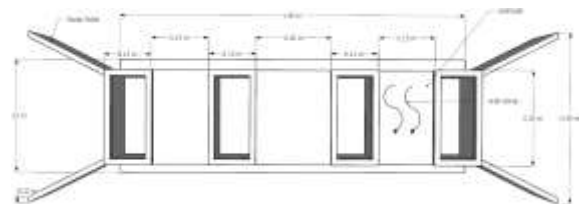
$$= 20 \times 10^{\frac{1}{2}}$$

Model Fisik Sekat Kanal

Berdasarkan perencanaan desain prototipe yang memiliki dimensi panjang 28 m, lebar 9 m dan tinggi 3 m, dibuat ke dalam skala distorsi vertikal 1:10 serta horizontal 1:20. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Dimensi Model Fisik Sekat Kanal

Bagian Sekat Kanal	Dimensi Prototipe (m)	Dimensi Model (m)
Panjang Badan Sekat	20	1
Panjang Pelimpas 1	3	0.15
Panjang Pelimpas 2	4	0.2
Panjang Sayap	4	0.2
Panjang Lantai Kerja	20	1
Lebar Badan Sekat	5	0,25
Lebar Sayap	9	0.45
Lebar Lantai Kerja	6,5	0,33
Tebal Dinding Sekat	0,3	0,03
Tinggi Sekat	2,8	0,28
Tinggi Sayap	2,8	0,28
Tebal Lantai Kerja	0,2	0,02
Tinggi Pelimpas	2,6	0,26

**Gambar 8.** Tampak Atas Model Sekat Kanal**Gambar 9.** Tampak Depan Model Sekat Kanal**Uji Model Fisik Terhadap Gerusan**

Pengujian stabilitas sekat kanal terhadap gerusan dilakukan menggunakan skema pengujian yang dibedakan yaitu berupa kecepatan aliran dan tinggi muka air antara hulu (H) dan hilir (h) dengan variasi waktu t1 dan t2 pada *flume*. Untuk pengambilan data pada saluran bagian hilir model fisik sekat kanal yaitu menggunakan alat ukur sederhana berupa meteran.



Gambar 10. Keadaan saat pengujian gerusan
(Sumber: Hasil dokumentasi lapangan)



Gambar 11. Pengukuran dalam gerusan
(Sumber: Hasil dokumentasi lapangan)

Hasil gerusan pada bagian hilir bangunan diakibatkan oleh adanya energi aliran air yang besar melewati bangunan sehingga menimbulkan gerusan pada tanah dasar bagian hilir bangunan. nilai kedalaman gerusan yang terjadi semakin besar seiring dengan bertambah lamanya waktu pengujian. (Hanafi, *et al*, 2023). Hasil pengujian gerusan skema 1 dan skema 2 ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil Pengujian Gerusan Skema 1 dan Skema 2

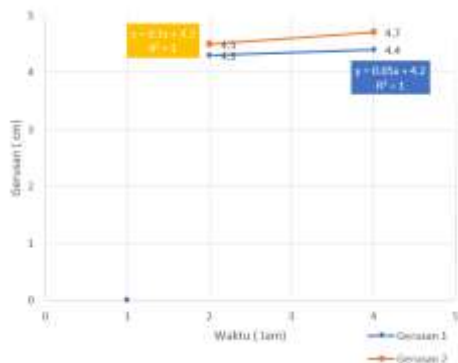
Skema Uji Model	Kondisi				Gerusan (cm)
	TMA Hulu (H) (cm)	TMA Hilir (h) (cm)	Kecepatan Aliran (v) (m/dt)	Waktu (t) (Jam)	
Skema 1	28	16	0,032	2	3,9
	28	20	0,032	2	4,3
	28	28	0,032	2	4
	28	16	0,032	4	3,8
	28	20	0,032	4	4,4
	28	28	0,032	4	4,3
	28	16	0,048	2	3,8
	28	20	0,048	2	4,2
	28	28	0,048	2	4,5
	28	16	0,048	4	4,1
	28	20	0,048	4	4,7
	28	28	0,048	4	4,7
Skema 2	28	28	0,032	2	2,4
	28	20	0,032	2	3,2
	28	16	0,032	2	3,6
	28	28	0,032	4	2,6
	28	20	0,032	4	3,8
	28	16	0,032	4	4,4
	28	28	0,048	2	2,5
	28	20	0,048	2	3
	28	16	0,048	2	4
	28	28	0,048	4	2,3
	28	20	0,048	4	3,6
	28	16	0,048	4	4,6

Analisis Waktu Terhadap Gerusan

Dari Tabel 2 di atas pada uji model fisik sekat kanal ini, didapatkan hasil bahwa semakin bertambah lama waktu (t1 menjadi t2) air mengalir melewati pelimpah pada kecepatan (v1 dan v2), maka nilai gerusan pada sekat kanal semakin bertambah besar, lamanya waktu uji menghasilkan gerusan oleh adanya air yang melewati bangunan sekat kanal.

Hasil dari uji model fisik dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada skema 1 (Gambar 2) dengan ketinggian muka air di hulu pada sekat kanal ($H_1 = 28$ cm) dan tinggi muka air di hilir ($h_1 = 16$ cm, $h_2 = 20$ cm, $h_3 = 28$ cm) dengan waktu variasi uji ($t_1 = 2$ jam) dan ($t_2 = 4$ jam), kecepatan aliran ($v_1 = 0,032$ m/dt) diperoleh hasil yaitu pada ($t_1 = 2$ jam) kedalaman gerusan paling besar yang dihasilkan 4,3 cm serta pada ($t_2 = 4$ jam) didapatkan hasil kedalaman gerusan 4,4 cm, dan saat kecepatan ($v_2 = 0,048$ m/dt) diperoleh hasil yaitu pada ($t_1 = 2$ jam) kedalaman gerusan paling besar yang dihasilkan 4,5 cm dan pada ($t_2 = 4$ jam) diperoleh kedalaman gerusan paling besar yang dihasilkan adalah 4,7 cm.



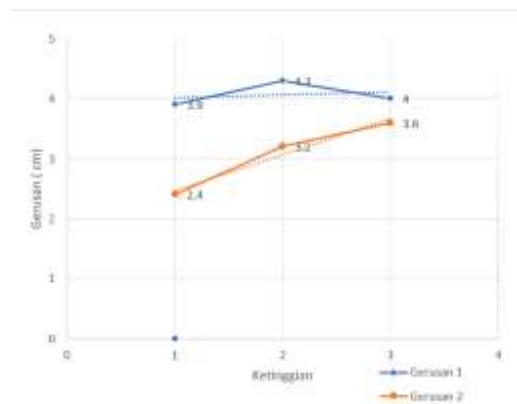
Gambar 12. Hubungan Waktu Terhadap Gerusan

Dari Gambar 7 di atas, pada grafik hubungan waktu terhadap gerusan, menunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya waktu, kedalaman gerusan semakin meningkat. Dengan diperoleh analisis regresi linier pada kecepatan aliran ($v_1 = 0,032$ m/dt) persamaan $y = 0,05x + 4,2$ serta nilai R^2 adalah 1, dan pada kecepatan aliran ($v_2 = 0,048$ m/dt) persamaan $y = 0,1x + 4,3$ serta nilai R^2 adalah 1, menyatakan bahwa waktu berpengaruh terhadap gerusan, semakin lama waktu uji coba yang dilakukan maka semakin besar dan dalam gerusan yang terjadi pada permukaan tanah dasar saluran di bagian hilir sekat kanal.

Analisis Tinggi Muka Air Terhadap Gerusan

Pada pengujian ini dilakukan pengujian secara

kontinu terhadap tinggi muka air. Pada skema 1 (Gambar 2) dapat dilihat ketinggian di hulu ($H = 28$ cm) dan ketinggian di hilir ($h_1 = 16$ cm, $h_2 = 20$ cm, $h_3 = 28$ cm) begitu pula dengan skema 2 (Gambar 3) yang membedakan pada uji coba tersebut ialah skema 1 dimulai dengan ketinggian $h_1 = 16$ cm tetapi pada skema 2 dimulai dengan ketinggian $h_3 = 28$ cm. berdasarkan perbedaan ketinggian tersebut didapat nilai gerusan pada skema 1 senilai 3,9 cm, 4,3 cm, dan 4 cm sedangkan pada skema 2 diperoleh nilai gerusan senilai 2,4 cm, 3,2 cm, dan 3,6 cm.



Gambar 13. Hubungan Tinggi Muka Air Terhadap Gerusan

pada pengujian secara kontinu didapatkan bahwa nilai gerusan skema 2 lebih kecil dibandingkan dengan nilai gerusan skema 1 dikarenakan skema 2 dimulai dari ketinggian hilir yang paling tinggi. Maka dapat disimpulkan bahwa tinggi muka air di hilir sekat kanal mempengaruhi suatu nilai gerusan, semakin tinggi muka air di hilir sekat kanal maka semakin kecil gerusan yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk menganalisis pengaruh waktu dan tinggi muka air terhadap gerusan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil dari analisis pada hubungan waktu terhadap gerusan diketahui bahwa dalamnya gerusan pada bagian hilir akibat terjunan air dipengaruhi oleh waktu dengan semakin bertambahnya waktu, kedalaman gerusan semakin meningkat. Dengan diperoleh analisis regresi linier pada kecepatan aliran ($v_1 = 0,032$ m/dt) persamaan $y = 0,05x +$

4,2 serta nilai R^2 adalah 1, dan pada kecepatan aliran ($v = 0,048 \text{ m/dt}$) persamaan $y = 0,1x + 4,3$ serta nilai R^2 adalah 1

71 Tahun 2014 tentang *Perlindungan Dan Pengelolaan Ekosistem Gambut* (Indonesia).

2. Pada analisis pengaruh tinggi muka air terhadap gerusan dapat disimpulkan bahwa tinggi muka air di hilir sekat kanal mempengaruhi suatu nilai gerusan, semakin tinggi muka air di hilir sekat kanal maka semakin kecil gerusan yang dihasilkan. Sedangkan semakin rendah tinggi muka air di hilir sekat kanal maka akan semakin besar gerusan yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai penulis saya mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak – pihak yang terkait dalam penulisan jurnal ini, Laboratorium Hidrologi Dan Hidrolika Universitas Palangka Raya yang bersedia meminjamkan peralatan penelitian serta FP UPR-KLHK yang telah memberikan informasi data lapangan sehingga penelitian ini dapat dilakukan hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan Subiksa, I.G.M., 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia, pp.3–8.
- F. H. R. H. dan Nahan, A. R., 2018. Kajian Stabilitas Konstruksi Sekat Kanal di Lahan Gambut dengan Uji Model Fisik Hidraulik. *Jurnal Perspektif Arsitektur*, 1(13), pp. 1-15.
- De Vries, M., 1982. *Scale models in hydraulic engineering*. Delft: IHE lecture note.
- Dohong, A., Cassiophea, L., Sutikno, S., Triadi, B.L., Wirada, F., Rengganis, P., dan Sigalingging, L., 2017. *Modul Pelatihan Pembangunan Infrastruktur Pembasahan Gambut Sekat Kanal Berbasis Masyarakat*. Jakarta: Badan Restorasi Gambut (BRG) Republik Indonesia.
- Fakultas Pertanian UPR- KLHK, 2020
- Hanafi, I., Yupi, H. M., dan Kamiana, I. M. (2023). Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan pada Sekat Kanal dengan Saluran 5 Meter. *Basement Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 1-8.
- Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia nomor