

**PERFORMA HIDRAULIKA AMBANG DAN PINTU KLEP UNTUK SKENARIO  
REWETTING: KAJIAN PEMODELAN AWAL KANAL SUKA PINDAH  
SUAKA MARGASATWA PADANG SUGIHAN**  
*Hydraulic Performance of Overflow Weirs and Flap Gates for Peatland Rewetting: A Preliminary  
Modeling Study of Suka Pindah Canal Padang Sugihan Wildlife Reserve*

**Kurniawan Putra Santoso\*, Budi Santoso Wignyosukarto\*, Rachmad Jayadi\***  
**\*Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,  
Yogyakarta, Indonesia**  
**Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia**  
**Email : kurniawan.putra.s@ugm.ac.id**

Manuscript received: 17 Agustus 2025

Accepted: 23 September 2025

**Abstrak**

*Suaka Margasatwa Padang Sugihan menghadapi ancaman kebakaran yang berdampak terhadap ekosistem yang merupakan habitat satwa Gajah Sumatera. Untuk memitigasi risiko, penelitian ini bertujuan mengevaluasi efisiensi hidraulika ambang dan flap gate sebagai intervensi restorasi lahan gambut di Kanal Suka Pindah. Pemodelan HEC-RAS 1D menunjukkan bahwa tanpa bangunan pengendali, fluktuasi pasang surut di muara tidak efektif untuk menjaga kelembaban lahan. Skenario adanya flap gate di muara Kanal Suka Pindah mampu meningkatkan volume air yang masuk hingga 115% dibandingkan kondisi eksisting, tetapi bangunan air ini memerlukan pemeliharaan intensif. Sebaliknya, ambang (overflow weir) dengan lebar 1,5 kali dari skenario flap gate terbukti lebih efisien, dengan peningkatan tampungan volume air bersih 72% lebih baik daripada flap gate, serta desain yang lebih sederhana. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa potensi daerah hulu kanal berupa lahan berelevasi rendah (embung alami) dapat meningkatkan kapasitas retensi air di kanal dan lahan. Hasil ini menunjukkan bahwa bangunan pengendali efektif untuk upaya rewetting.*

*Kata kunci : Kanal, Rewetting, Hidraulika, Flap Gate, Ambang.*

**PENDAHULUAN**

Lahan gambut tropis banyak ditemukan di wilayah Asia Tenggara, mencakup 56% dari total luas lahan gambut tropis dunia, dimana Indonesia menyumbang 47% dari luas tersebut (Page dkk, 2011). Degradasi lahan gambut akibat perubahan tata guna lahan, utamanya berupa perkebunan, menyebabkan emisi karbon yang signifikan. Sekitar 90% emisi karbon lahan gambut di Asia Tenggara berasal dari Indonesia, Malaysia, Myanmar, dan Vietnam, dengan kontribusi terbesarnya sebesar 73% berasal dari Indonesia 73% (Sasmito dkk, 2025). Salah satu penyebab fenomena tersebut adalah penurunan muka air tanah gambut yang menyebabkan tanah organik terdekomposisi dan mengering. Berbagai penelitian menunjukkan hubungan langsung antara kedalaman muka air tanah gambut dan frekuensi terjadinya kebakaran lahan, sehingga pengendalian hidrologis menjadi penting dalam mitigasi kebakaran yang efektif (Taufik dkk, 2019).

Suaka Margasatwa Padang Sugihan di Sumatera Selatan yang merupakan kawasan konservasi dan berfungsi sebagai habitat Gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus*), juga menghadapi ancaman kebakaran, terutama pada musim kemarau. Kebakaran di dalam dan sekitar kawasan suaka, telah mengurangi konektivitas habitat dan meningkatkan risiko isolasi populasi gajah. Selain itu, kebakaran juga mempengaruhi kualitas ekosistem gambut yang mendukung keberadaan gajah. Program restorasi gambut yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan bertujuan untuk

memitigasi risiko kebakaran dan memulihkan fungsi hidrologis kawasan. Upaya ini diharapkan dapat memperbaiki kondisi ekosistem gambut dan mendukung kelangsungan hidup spesies yang terancam punah ini (Rendana dkk, 2023).

Restorasi lahan gambut melalui pembasahan kembali (*rewetting*) menjadi strategi utama dalam pemulihan ekosistem gambut yang terdegradasi. Salah satu intervensi teknis yang umum digunakan adalah pembangunan sekat kanal, yang terbukti efektif dalam meningkatkan muka air tanah dan menjaga kelembapan tanah gambut (Triadi, 2020). Meskipun struktur seperti *overflow weir* (sekat kanal) dan *flap gate* (untuk menahan aliran keluar saat kondisi aliran rendah) sudah banyak diterapkan, perbandingan efisiensi hidrauliknya dalam menjaga muka air tetap stabil belum banyak diteliti. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi hidraulika antara *overflow weir* dan *flap gate* dalam konteks pembasahan lahan gambut di Kanal Suka Pindah di kawasan Suaka Margasatwa Padang Sugihan. Dengan menggunakan pemodelan hidraulika, penelitian ini akan mensimulasikan dinamika muka air pada kedua jenis bangunan tersebut di bawah berbagai skenario aliran masuk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi dalam upaya pengelola kawasan konservasi dalam memilih serta menerapkan infrastruktur pengendali air yang paling efektif, guna memaksimalkan kelembapan gambut, mengurangi risiko kebakaran, dan mendukung kelestarian ekologis jangka panjang kawasan suaka margasatwa.

## TINJAUAN PUSTAKA

Upaya restorasi lahan gambut melalui pendekatan hidrologis, khususnya dengan pembangunan sekat kanal (*canal blocking*), bertujuan untuk menaikkan muka air tanah dalam rangka mempertahankan kelembapan lahan gambut atau sebagai upaya *rewetting* untuk mengurangi risiko kebakaran (Safitri dkk, 2024). Efektivitas sekat kanal sangat bergantung pada pemahaman hidraulika aliran air di kanal. Penelitian oleh Setiawan dkk (2022) menunjukkan bahwa desain bangunan air seperti *flap gate* hendaknya disesuaikan dengan karakteristik aliran agar didapat efisiensi paling maksimum. Pada Sistem Irigasi Belanti II, *flap gate* digunakan untuk mengatur aliran pasang surut dari sungai. Pemodelan hidraulika dengan HEC-RAS menunjukkan efektivitas sistem ini dalam mengatur pasokan *fresh water* dalam rangka pencucian lahan untuk mengurangi keasaman tanah dan mengalirkan zat beracun. Temuan ini menekankan pentingnya analisis hidraulika dalam desain sekat kanal untuk mengoptimalkan aliran air di lahan gambut.

Sementara itu, penelitian dari Nusantara dkk (2023) secara spesifik mengkaji fluktuasi kedalaman muka air tanah (MAT) di lahan gambut dengan dan tanpa sekat kanal. Hasilnya menunjukkan bahwa lokasi dengan sekat kanal memiliki MAT yang paling dangkal (12,19 cm), sedangkan lokasi tanpa sekat kanal memiliki MAT yang paling dalam (52,61 cm). Temuan ini menegaskan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara kedalaman muka air saluran dan kedalaman muka air tanah; semakin dangkal muka air saluran, maka semakin dangkal pula muka air tanahnya. Hal ini memperkuat premis bahwa keberhasilan restorasi hidrologis sangat bergantung pada kemampuan sekat kanal dalam menjaga muka air secara efektif. Meskipun banyak penelitian telah membahas hidraulika sekat kanal, masih terbatas studi yang secara eksplisit membandingkan efisiensi hidraulika antara *overflow weir* dan *flap gate* di lahan gambut, yang menjadi celah pengetahuan dan fokus utama dari penelitian ini.

## METODE PENELITIAN

### Pemodelan Hidraulika dengan HEC-RAS 1D

Penelitian ini menggunakan model hidraulika HEC-RAS 1D (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) untuk mensimulasikan aliran tak tunak (*unsteady flow*) di kanal. HEC-RAS menyelesaikan persamaan *Saint-Venant* untuk aliran tak tunak, yang mempertimbangkan konservasi massa (Persamaan 1) dan momentum (Persamaan 2).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

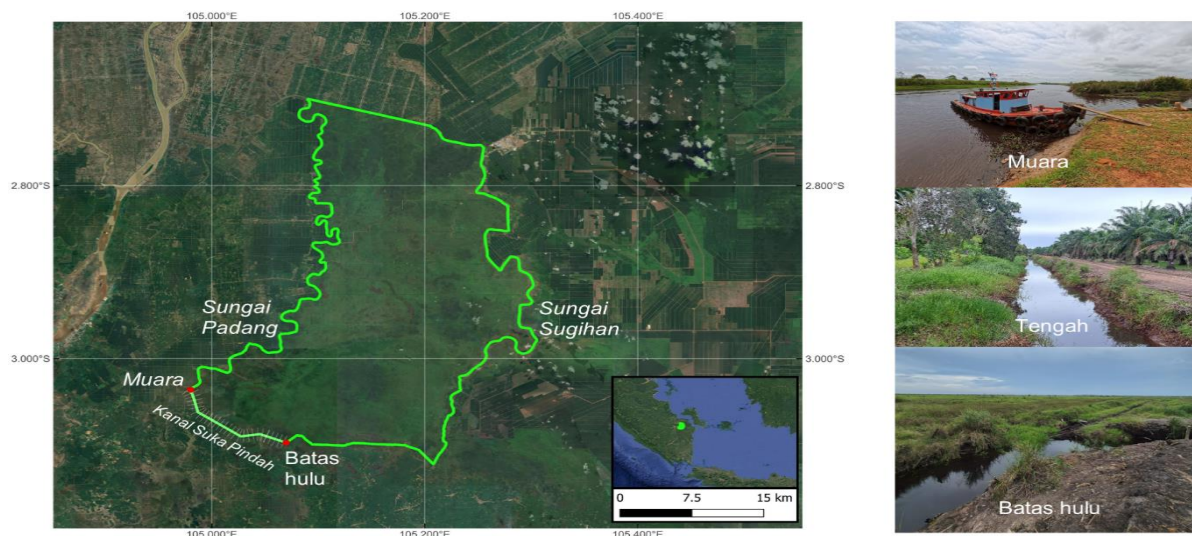
dengan A luas tampang basah ( $m^2$ ), Q debit aliran ( $m^3/detik$ ),  $q_l$  debit lateral ( $m^3/detik/m$ ), V kecepatan aliran ( $m/detik$ ), g percepatan gravitasi ( $m/detik^2$ ), z elevasi muka air (m),  $S_f$  kekasaran saluran, x jarak antar tinjauan hitungan (m), dan t waktu (detik). Kekasaran saluran biasa diberikan dengan Persamaan Manning seperti terdapat pada Persamaan 3.

$$S_f = \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

dimana n adalah koefisien kekasaran saluran atau biasa dikenal sebagai koefisien Manning dan R adalah radius hidraulik (m). Selain itu aliran melalui struktur seperti ambang dan pelimpah dianalisis dengan pendekatan empirik.

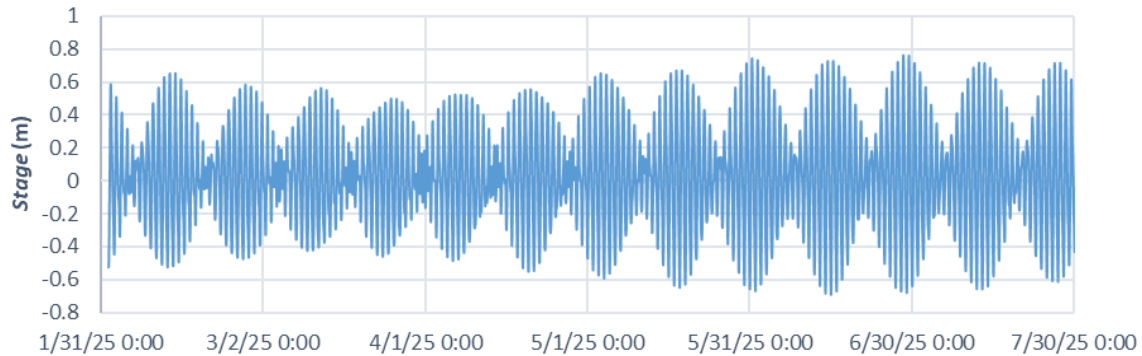
### Model Kanal dan Kondisi Pasang Surut

Kanal yang dimodelkan adalah saluran sepanjang 15 km yang memiliki lebar atas 10 m dan lebar dasar 9 m (Gambar 1). Kanal ini bermuara di Sungai Padang di sisi barat. Kemiringan dasar kanal adalah horizontal, dan koefisien kekasaran Manning (n-Manning) ditetapkan sebesar 0,03. Elevasi tanggul ditetapkan pada +2,0 m.



**Gambar 1** Peta Suaka Margasatwa Padang Sugihan dan tinjauan Kanal Suka Pindah (Sumber: Peta Satelit Google Earth dan dokumentasi pribadi, 2025).

Kondisi pasang surut (pasut) di muara kanal didekati menggunakan data dari portal maritim BMKG (Februari 2025 hingga Juli 2025) untuk Stasiun Palembang. Data ini kemudian dikoreksi berdasarkan elevasi pasut yang ada Rencana Pemulihan Ekosistem (RPE) Suaka Margasatwa Padang Sugihan Periode Tahun 2023 s.d. 2026 (Balai Konservasi Sumber Daya Alam Sumatera Selatan, 2022), dengan elevasi sekitar  $\pm 0,80$  m di Sungai Padang sisi utara (Gambar 2).



Keterangan: HHWL 0,76 m; MHWS 0,39 m; MHWL 0,37 m;  
MSL 0,02 m; MLWL -0,33 m; MLWS -0,33 m; LLWL -0,73 m

**Gambar 2** Grafik pendekatan elevasi pasang surut di muara  
(Sumber: Direktorat Meteorologi Maritim BMKG, diakses dari [maritim.bmkg.go.id/cuaca/pasut](https://maritim.bmkg.go.id/cuaca/pasut), Agustus 2025)

### Skenario Pemodelan

Tiga skenario utama pemodelan hidraulika adalah sebagai berikut.

- Skenario Tanpa Bangunan Pengendali: Simulasi kondisi eksisting kanal tanpa struktur *overflow weir* atau *flap gate*. Skenario ini berfungsi sebagai pembanding terhadap fluktuasi muka air di kanal akibat pengaruh pasang surut secara alami.
- Skenario dengan *Flap Gate*: Simulasi kanal yang dilengkapi dengan 3 buah pintu klep berukuran 1,5 × 1,5 m dengan elevasi ambang pada +0,00 m atau sekitar MSL. Model ini dirancang untuk menahan air dalam saluran. Pintu diatur agar hanya terbuka maksimal 50% saat pasang, untuk memastikan dapat menutup segera saat surut. Kondisi ini bertujuan agar air dapat tertahan dalam saluran dan volumenya meningkat seiring waktu.

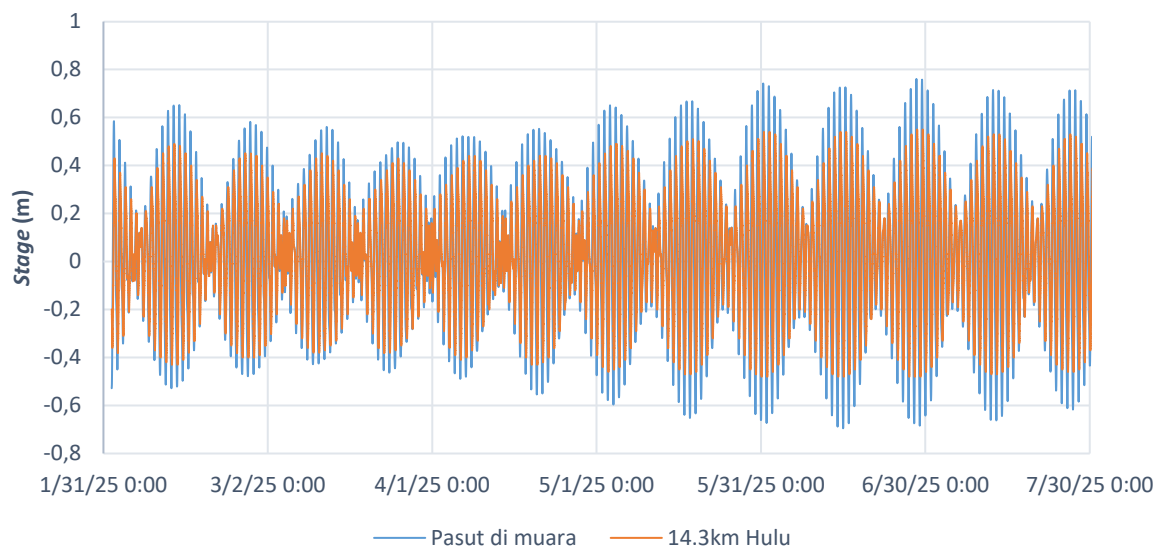
Pengaturan dilakukan dengan fasilitas *rule* pada *boundary condition* menu *unsteady flow data*. *Flap gate* diatur agar terbuka apabila elevasi muka air hilir lebih tinggi dari elevasi ambang pada +0,00 m dan terjadi perbedaan tinggi (*head*) di hulu dan hilir pintu minimum 0,20 m, selain itu pintu akan menutup. Hal itu untuk memodelkan kondisi *flap gate* ideal, dimana pada saat surut pintu dapat segera menutup untuk menahan air pada kanal agar tetap tinggi.

- Skenario dengan ambang (*overflow weir*): Simulasi kanal yang dilengkapi dengan ambang dengan elevasi +0,40 m dan lebar 15 m (1,5 kali lebar saluran). Skenario ini bertujuan untuk menahan air hingga elevasi tertentu dan hanya memungkinkan pengisian lebih tinggi saat muka air pasang melebihi ketinggian ambang. Penentuan lebar ambang yang lebih besar dari kondisi kanal untuk dapat mengalirkan volume air yang lebih banyak.

Selain ketiga skenario di atas, simulasi tambahan dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh embung alami. Embung ini dimodelkan sebagai pelebaran area *upstream* pada elevasi lahan +0,40 m di sepanjang ruas saluran 3 km. Analisis ini dilakukan untuk melihat dampak adanya embung alami terhadap volume bersih air yang dapat tertahan pada kanal.

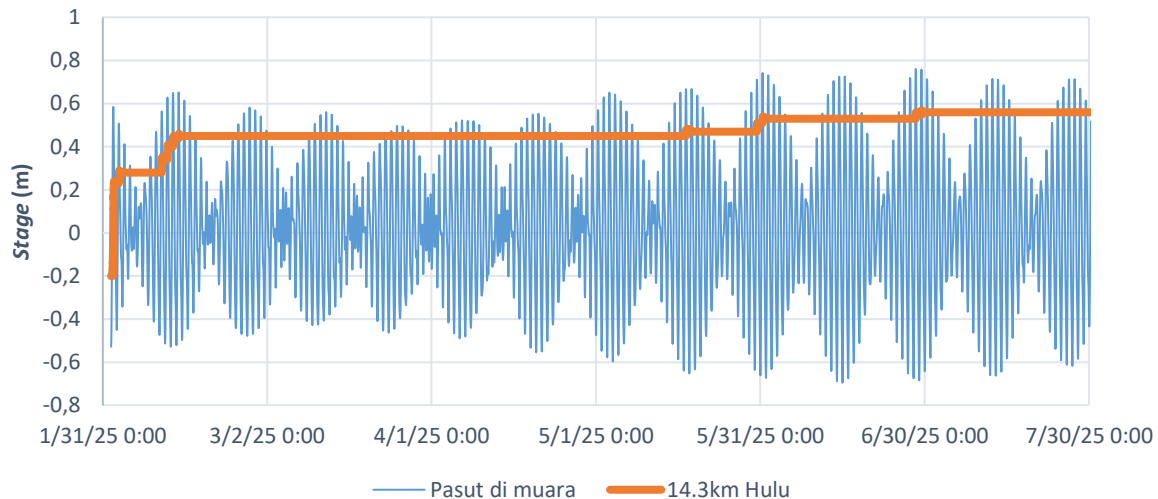
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan hidraulika HEC-RAS 1D digunakan untuk meninjau kondisi kanal baik tanpa dan dengan adanya bangunan pengendali. Kondisi aliran di saluran ini sangat dipengaruhi oleh pasang surut dari Sungai Padang yang merupakan muara dari kanal tersebut. Pada saat surut, muka air kanal rendah yang menyebabkan terdrainasikannya air dari kawasan, sementara air dapat masuk menuju kanal tetapi tidak dapat tertahan lama pada saat pasang. Kondisi ini kurang menguntungkan untuk upaya *rewetting* khususnya pada musim kemarau dimana kelengasan dan evaporasi lahan relatif tinggi. Hasil simulasi kondisi eksisting atau tanpa adanya bangunan pengendali dapat dilihat pada Gambar 3. Pada kondisi ini, volume air yang tertahan di kanal (pada lokasi 14,3 km ke arah hulu) hanya sekitar 550 m<sup>3</sup>. Muka air di kanal juga sangat fluktuatif mengikuti kondisi pasang surut di muara dan menyebabkan air banyak mengalir keluar dari kanal.



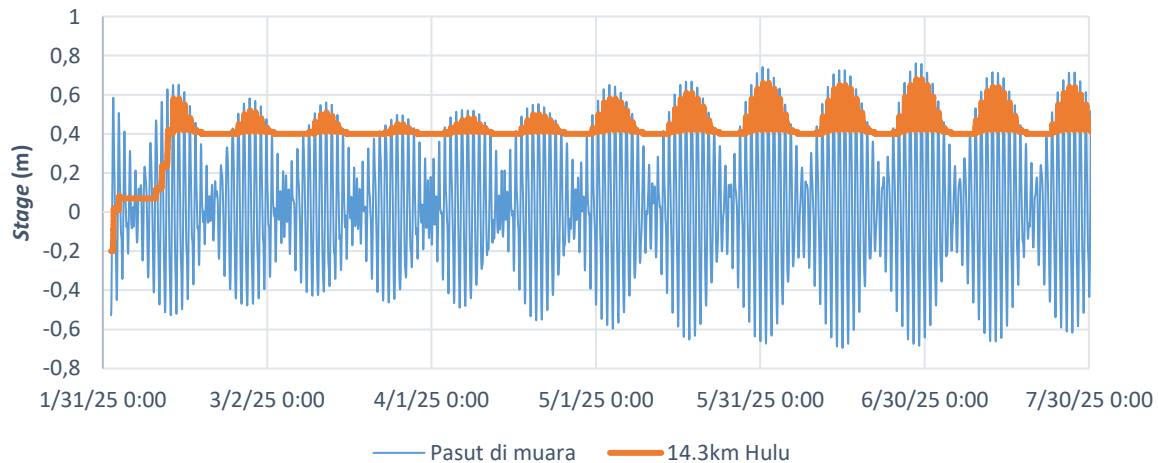
**Gambar 3** Hasil pemodelan kanal eksisting

Pada skenario dengan *flap gate*, volume air yang masuk meningkat secara signifikan menjadi 1.180 m<sup>3</sup>. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan *flap gate* mampu menaikkan volume air yang tertahan di kanal sekitar 115% dibanding dengan kondisi tanpa adanya bangunan pengendali. Namun, efektivitasnya sangat bergantung pada operasional dan pemeliharaan rutin *flap gate* dimana rawan terhambat oleh sampah atau endapan yang menyebabkan pintu tidak menutup dengan rapat sehingga air mengalir keluar dari kanal. Selain itu, perlu diwaspadai juga adanya potensi rembesan.



**Gambar 4** Hasil pemodelan kanal dengan *flap gate*

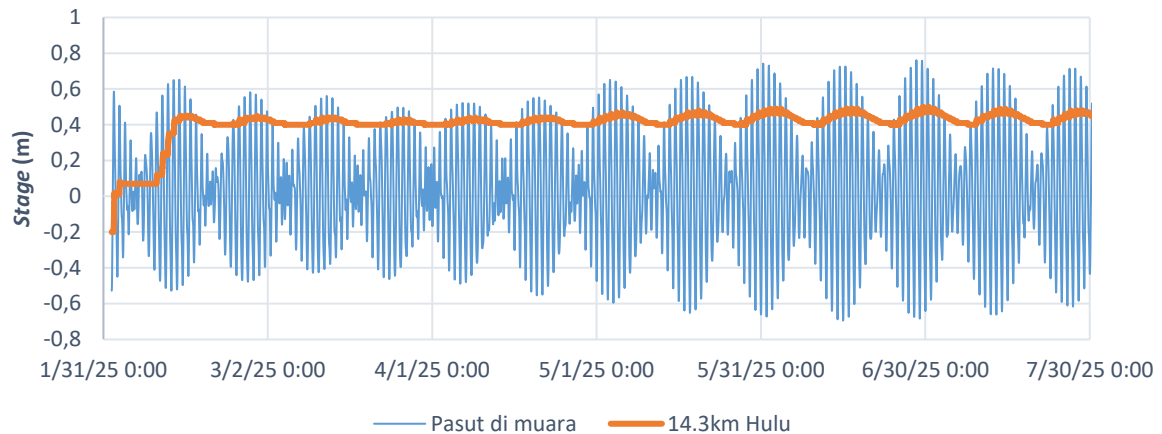
Skenario dengan ambang menunjukkan hasil yang paling optimal. Dengan elevasi ambang +0,40 m serta lebar ambang yang dibuat lebih lebar 1,5 kali kondisi eksisting, bangunan ini berhasil menahan air hingga elevasi tersebut dan menghasilkan volume bersih yang jauh lebih besar. Di lokasi yang sama (14,3 km ke arah hulu), ambang menghasilkan volume air bersih sebesar 2.030 m<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa ambang memiliki efisiensi hidraulika 72% lebih baik dalam menahan air dibandingkan dengan *flap gate*. Keunggulan lainnya adalah desainnya yang lebih sederhana dan pemeliharaan yang relatif lebih mudah.



**Gambar 5** Hasil pemodelan kanal dengan ambang

Selain itu, analisis dampak adanya embung alami yang dimodelkan sebagai pelebaran saluran sekitar 200 m pada elevasi +0,4 m di area hulu sepanjang 3 km, menunjukkan peningkatan volume air yang cukup signifikan. Di lokasi 9,8 km ke hulu, skenario ambang yang dikombinasikan dengan embung alami meningkatkan volume air bersih dari 20.320 m<sup>3</sup> (skenario ambang) menjadi 43.200 m<sup>3</sup>. Peningkatan sekitar 112% atau tertahannya volume air hingga dua kali lipatnya menunjukkan bahwa secara hidraulika, embung ini berfungsi sebagai penampung air dari muara. Hal tersebut menyebabkan elevasi muka air di kanal menjadi lebih rendah sehingga menghasilkan perbedaan energi potensial aliran yang lebih besar menuju ke arah hulu pada saat pasang. Dalam kata lain adalah terjadi gradien

hidraulik yang lebih baik sehingga mendorong aliran masuk ke hulu kanal dengan lebih efektif (seperti efek pipet).

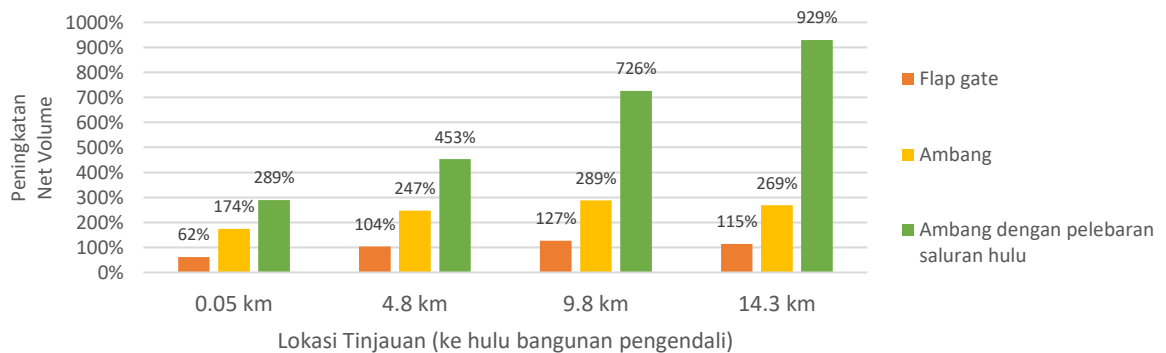


**Gambar 6** Hasil pemodelan kanal dengan ambang dan embung alami

**Tabel 1** Ringkasan hasil pemodelan matematis

| Skenario |                         | Tanpa bangunan pengendali |        | Flap gate |        | Ambang  |        | Ambang dengan pelebaran saluran hulu |        |
|----------|-------------------------|---------------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|--------------------------------------|--------|
| Lokasi   | Jarak ke arah hulu (km) | Net Vol                   | Max WL | Net Vol   | Max WL | Net Vol | Max WL | Net Vol                              | Max WL |
| 15000    | Muara                   | 22,43                     | 0,76   | 33,92     | 0,76   | 60,02   | 0,76   | 85,24                                | 0,76   |
| 14750    | 0,05                    | 21,87                     | 0,75   | 35,39     | 0,69   | 59,96   | 0,74   | 85,18                                | 0,74   |
| 10000    | 4,8                     | 11,71                     | 0,56   | 23,83     | 0,64   | 40,64   | 0,67   | 64,72                                | 0,64   |
| 5000     | 9,8                     | 5,23                      | 0,55   | 11,87     | 0,64   | 20,32   | 0,67   | 43,2                                 | 0,54   |
| 500      | 14,3                    | 0,55                      | 0,55   | 1,18      | 0,65   | 2,03    | 0,68   | 5,66                                 | 0,50   |
| 0        | 14,8                    | 0                         | 0,55   | 0         | 0,65   | 0       | 0,68   | 0                                    | 0,50   |

Catatan: Net Volume dalam ribuan  $m^3$



**Gambar 7** Persentase peningkatan net volume dibandingkan skenario tanpa bangunan pengendali

Secara ringkas seperti yang disajikan pada Gambar 7, *flap gate* cukup efektif dengan peningkatan volume sekitar 62–127%, tetapi ambang lebih unggul dengan peningkatan 174–289%. Efektivitas skenario tersebut akan semakin baik apabila pada lokasi hulu dimodelkan embung alami, misalnya pada skenario dengan ambang menjadi jauh lebih maksimal dengan peningkatan volume sekitar 3 hingga 9 kali dibandingkan kondisi tanpa bangunan pengendali. Dengan demikian, meskipun *flap gate* dapat meningkatkan tampungan air pada kanal, ambang merupakan pilihan yang lebih efisien terutama apabila dipadukan dengan pemanfaatan embung alami.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil pemodelan, ambang (*overflow weir*) merupakan bangunan pengendali air yang paling efektif dan efisien untuk upaya *rewetting* di Suaka Margasatwa Padang Sugihan. Skenario kanal dengan adanya ambang berhasil menahan volume air 72% lebih besar daripada *flap gate*, serta pemeliharaan yang lebih mudah.

Selain itu, kombinasi pemodelan ambang disertai pemanfaatan embung alami secara signifikan meningkatkan volume air yang tertahan dimana terdapat beda gradien hidraulik yang besar sehingga menyebabkan aliran dapat mengalir ke arah hulu secara lebih baik.

### Saran

Penelitian ini merupakan studi awal dimana diperlukan data dan survei lanjut untuk mendapatkan hasil analisis hidraulika yang akurat. Data pengamatan pasang surut perlu diobservasi di muara, tengah, dan ujung kanal. Data topografi dibutuhkan untuk pemodelan penampang melintang dan memanjang kanal, serta elevasi lahan di sekitarnya juga perlu dilakukan pengukuran sebagai input utama pemodelan geometri. Di samping itu, aspek keterbatasan pelaksanaan konstruksi dan biaya juga dapat menjadi poin perhatian dalam kajian lanjutan agar lebih komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balai Konservasi Sumber Daya Alam Sumatera Selatan. (2022). *Rencana Pemulihan Ekosistem (RPE) Suka Margasatwa Padang Sugihan*. Palembang: Direktorat Jenderal KSDAE Kementerian LHK.
- Nusantara, W. R., Manurung, R., Lestari, U., & Padagi, S. (2023). Dampak sekat kanal terhadap fluktuasi muka air tanah pada lahan gambut di Kabupaten Kubu Raya—Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21 (2), 393–402. <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.393-402>.
- Page, S., Rieley, J., & Banks, C. (2011). Aziz, M. N. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798–818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x>.
- Rendana, M., Idris, W. M. R., Abdul Rahim, S., Abdo, G., Almohamad, H., & Al Dughairi, A. A. (2023). Habitat suitability analysis in a natural peat swamp forest on Sumatran elephants using remote sensing and GIS. *Forest Science and Technology*, 19(3), 221–231. <https://doi.org/10.1080/21580103.2023.2234463>.
- Safitri, R., Saharjo, B., & Basuki. (2024). The impact of canal blocking to reduce fire risks and carbon emissions on tropical peatland, Siak District, Riau Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1315, 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1315/1/012058>.
- Sasmito, S. D., Taillardat, P., Adinugroho, W. C. (2025). Half of land use carbon emissions in Southeast Asia can be mitigated through peat swamp forest and mangrove conservation and restoration. *Nature Communications*, 16, 740. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-55892-0>.
- Setiawan, A., Wignyosukarto, B. S., & Rahardjo, A. P. (2022). One-way flow system for improvement of the acid sulfate soil reclamation process in the Belanti II tidal swamp irrigation network, Central Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1091, 012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1091/1/012053>.
- Taufik, M., Setiawan, B. I., & Van Lanen, H. A. J. (2019). Increased fire hazard in human-modified wetlands in Southeast Asia. *Ambio*, 48, 363–373. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1082-3>.
- Triadi, L. B. (2020). Restorasi lahan rawa gambut melalui metode rewetting dan paludikultur. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(2), 145–157. <https://doi.org/10.32679/jsda.v16i2.677>.