

KAJIAN DAMPAK DAN TEKNIK PENGENDALIAN DAYA RUSAK AIR PADA RAWA

DAMARA SUBRATA¹, BUDI TRIADI²

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

²Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email : damarasubrata49@gmail.com

ABSTRAK

Ekosistem rawa pasang surut di Indonesia berperan penting secara ekologis dan ekonomis, namun terancam oleh daya rusak air. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi bentuk kerusakan utama, menganalisis strategi pengendalian, mengevaluasi efektivitas pengelolaan masa lalu, serta mengkaji hubungannya dengan emisi gas rumah kaca. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan pendekatan narrative literature review terhadap jurnal, laporan teknis, dan dokumen kebijakan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kerusakan utama berupa intrusi air laut yang meningkatkan salinitas, keasaman ekstrem akibat oksidasi pirit, degradasi gambut yang menimbulkan amblesan dan kebakaran, serta peningkatan banjir pasang dan hujan. Strategi pengendalian seperti pendekatan vegetatif, fisik-hidrologi, kimiawi, dan kelembagaan tidak efektif secara tunggal, sehingga diperlukan pendekatan terpadu yang adaptif. Restorasi rawa terbukti penting, tidak hanya untuk menjaga keberlanjutan ekosistem, tetapi juga sebagai strategi mitigasi emisi karbon.

Kata Kunci: Daya Rusak Air, Rawa Pasang Surut, Pengendalian, Tanah Sulfat Masam, Intrusi Air Laut

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sekitar 33,4 juta hektare rawa, atau 17% dari total daratan, yang berfungsi sebagai penyimpan karbon, pengendali banjir, habitat ekosistem unik, serta sumber daya bagi masyarakat (Triadi, 2021). Namun, keberadaan rawa pasang surut kini terancam akibat daya rusak air yang mempercepat degradasi ekosistem.

Masalah utama yang muncul adalah intrusi air laut, keasaman tanah sulfat masam, degradasi gambut, dan banjir berulang. Fenomena ini diperparah oleh perubahan iklim dan aktivitas manusia seperti pembangunan kanal, pembukaan lahan, serta eksploitasi air tanah. Jika tidak dikendalikan, rawa yang seharusnya menjadi *buffer* ekologis justru berubah menjadi sumber masalah lingkungan dan emisi karbon (Agus & Subiksa, 2008). Kajian ini bertujuan untuk menjawab empat permasalahan utama: (1) mengidentifikasi bentuk-bentuk daya rusak air pada rawa pasang surut, (2) menganalisis strategi pengendalian yang tersedia, (3) mengevaluasi efektivitas metode pengelolaan di masa lalu, (4) mengkaji hubungan kerusakan rawa dengan peningkatan emisi gas rumah kaca.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) dengan pendekatan kualitatif-analitis. Data dikumpulkan dari berbagai sumber ilmiah yang kredibel, seperti jurnal penelitian nasional dan internasional, buku teks, laporan teknis dari lembaga pemerintah

(Kementerian PUPR, KLHK), serta publikasi dari institusi riset terkait. Proses analisis dilakukan dengan mensintesis informasi dari berbagai sumber untuk mengidentifikasi pola, hubungan sebab-akibat, dan kesenjangan pengetahuan terkait penyebab, dampak, dan strategi pengendalian daya rusak air di ekosistem rawa pasang surut.

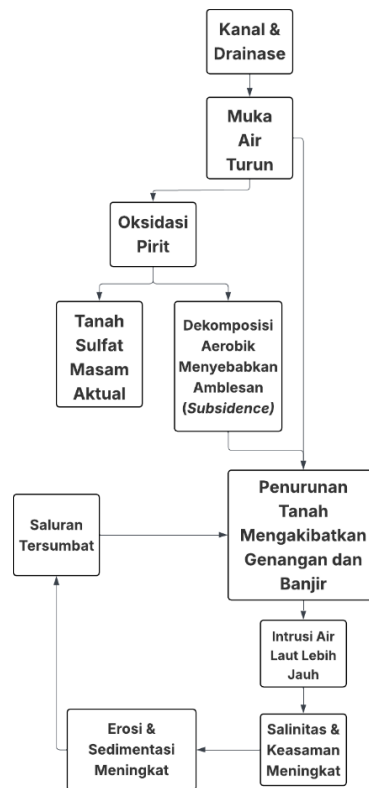
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penyebab dan Dampak Daya Rusak Air

Hasil kajian literatur memperlihatkan bahwa daya rusak air pada rawa pasang surut merupakan hasil interaksi berantai antara perubahan tata-air, sifat tanah yang sensitif, serta tekanan antropogenik. Intrusi air laut menjadi pintu masuk utama gangguan di zona pesisir. Ketika kanal-kanal dibuka lurus menuju laut dan tidak dilengkapi kontrol hidraulik, kanal tersebut bekerja sebagai "jalan tol" bagi air asin pada saat pasang. Tanpa debit air tawar yang memadai untuk membilas (terutama pada musim kemarau), lidah intrusi bergerak masuk jauh ke daratan dan menaikkan salinitas baik di kolom air maupun rhizosfer. Konsekuensinya, tanaman budidaya mengalami tekanan osmotik, gejala *leaf burn*, dan penurunan hasil yang nyata; pada skala lanskap, komunitas vegetasi tergeser ke spesies toleran garam (FAO, 2005). Di lahan sulfat masam, pengeringan memicu rangkaian reaksi geokimia yang agresif. Paparan pirit (FeS_2) terhadap oksigen menghasilkan asam sulfat, menurunkan pH tanah ke kisaran sangat masam dan melarutkan ion aluminium serta besi ke tingkat toksik. "Asam siram" yang terjadi setelah hujan pertama pasca-kemarau sering mengakibatkan kematian ikan mendadak di saluran, klorosis pada tanaman, serta korosi pada infrastruktur berbahan logam. Karena reaksi ini bersifat *self-reinforcing* (semakin kering tanah, semakin cepat oksidasi) pemulihannya memerlukan intervensi hidrologi yang menahan muka air tanah tetap dangkal (Dent & Pons, 1995).

Pada lahan gambut, pengurasan air mengubah rezim anaerob menjadi aerob sehingga dekomposisi organik berlangsung cepat. Dampaknya adalah amblesan tanah (*subsidence*), pengeringan tajuk gambut di musim kemarau, dan lonjakan kerentanan terhadap kebakaran permukaan maupun bawah-permukaan. Kebakaran di gambut bukan hanya peristiwa ekologis yang destruktif, tetapi juga krisis kualitas udara dan kesehatan. Secara biogeokimia, karbon yang sebelumnya tersimpan berabad-abad terlepas ke atmosfer, memperkuat umpan balik perubahan iklim (Anshari dkk., 2021).

Keempat proses (intrusi, pengasaman sulfat, degradasi gambut, dan banjir) saling memperkuat. Intrusi memperlemah produktivitas dan tutupan vegetasi, yang pada gilirannya mengurangi perlindungan tanah terhadap erosi. Pengasaman merusak struktur tanah dan biota akuatik, menurunkan jasa ekosistem. *Subsidence* menurunkan elevasi relatif daratan terhadap muka laut, membuat genangan pasang kian sering. Ketika curah hujan ekstrem bertemu kanalisasi tanpa kendali, hidrograf banjir menjadi lebih curam dan durasi genangan memanjang. Hasil akhirnya adalah kerugian sosial-ekonomi: gagal panen, gangguan transportasi dan air bersih, hingga biaya kesehatan yang meningkat. Alur proses kerusakan ekosistem rawa ini dapat dipahami secara sistematis melalui diagram pada **Gambar 1.**, yang menunjukkan bagaimana aktivitas manusia memicu rangkaian degradasi lingkungan yang saling terkait:



Gambar 1. Alur Proses Utama Kerusakan Ekosistem Rawa Pasang Surut

3.2. Strategi Pengendalian Daya Rusak Air

Karena masalahnya bersifat sistemik, strategi pengendalian perlu dirancang sebagai paket terpadu yang menggabungkan solusi berbasis alam, rekayasa, dan tata kelola. Pada lapis ekologis, infrastruktur hijau melalui rehabilitasi mangrove membentuk sabuk penyangga yang meredam energi gelombang, menahan sedimen, serta menurunkan intrusi. Di bagian rawa yang lebih dalam, paludikultur—budidaya komoditas yang menyukai kondisi basah seperti sagu, purun, atau jelutong—memungkinkan pemanfaatan ekonomi tanpa mengharuskan pengeringan berkepanjangan. Sistem agroforestri basah membantu memulihkan struktur tanah dan meningkatkan keragaman habitat.

Pada lapis rekayasa, kunci utamanya adalah mengendalikan air, *bukan* sekadar mengalirkannya pergi. Polder yang dirancang baik terdiri dari tanggul pelindung, jaringan drainase internal, kolam retensi, pintu klep, dan (bila perlu) pompa. Pintu air berperan sebagai *valve* yang mengatur keluar-masuknya air asin/tawar sesuai pasang-surut dan target muka air. Kanal perlu “dipatahkan” dengan sekat atau *compartment* agar tidak menjadi koridor intrusi dan tidak mempercepat pengeringan; di gambut, target operasional adalah menjaga muka air tanah tetap dangkal dan stabil sepanjang tahun untuk menekan dekomposisi dan risiko kebakaran. Seluruh infrastruktur ini hanya efektif jika diiringi operasi-pemeliharaan yang disiplin (pembersihan sedimen, inspeksi pintu, kalibrasi pompa), serta pemantauan lapangan (muka air, konduktivitas listrik/salin, pH).

Jika pengasaman telah terlanjur parah, pendekatan kimiawi bekerja sebagai terapi kuratif: ameliorasi dengan kapur untuk menetralkan keasaman dan bahan organik untuk memperbaiki kapasitas penyangga tanah. Namun, tanpa pemulihan hidrologi, efeknya cenderung sementara. Karena itu, pilar kelembagaan menjadi jangkar dari semua intervensi. Tata kelola air berbasis masyarakat (kelompok P3A atau setara) memastikan aturan operasi pintu, jadwal tanam, dan pembagian tugas O&P dipahami dan dijalankan. Kebijakan daerah perlu menyinergikan tata ruang pesisir, izin kanal, serta larangan pembukaan drainase baru pada zona sensitif—agar upaya teknis tidak “dikalahkan” oleh praktik di lapangan.

3.3. Evaluasi Kasus Masa Lalu

Pengalaman historis menawarkan pelajaran berharga tentang apa yang berhasil dan apa yang tidak. Proyek Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah menunjukkan bahwa pendekatan teknokratis berskala besar, yang memprioritaskan kanal dan drainase tanpa diagnosis hidrologi-ekologi yang memadai, dapat berujung pada kolaps fungsi lanskap gambut: pengeringan ekstrem, kebakaran berulang, dan emisi karbon melambung. Biaya ekologis dan sosial yang timbul jauh melebihi manfaat jangka pendek yang dibayangkan.

Di sisi lain, Polder Alabio di Kalimantan Selatan memperlihatkan bahwa desain teknis yang baik memang dapat mengurangi genangan dan meningkatkan kendali air, namun capaian ini rapuh jika pemeliharaan tersendat—pompa tidak berfungsi optimal, pintu macet, atau sedimentasi tidak ditangani. Ketika komponen O&P melemah, kinerja polder turun drastis, mengingat sistem ini bertumpu pada operasi harian yang responsif terhadap pasang-surut dan cuaca.

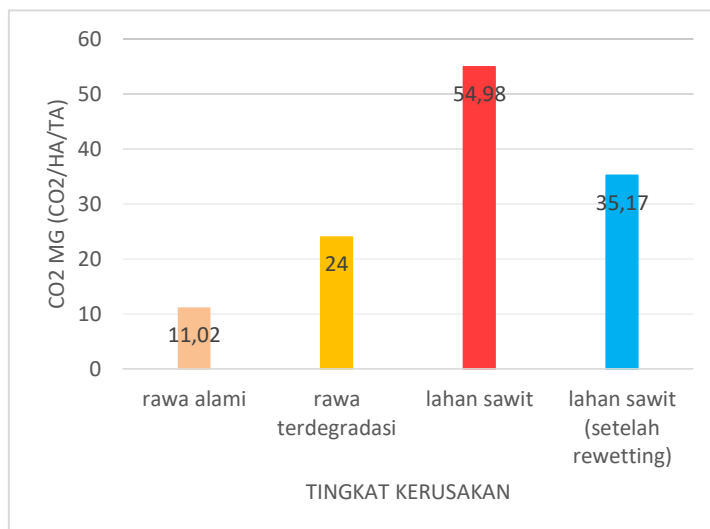
Program transmigrasi di lahan rawa memperlihatkan hasil yang beragam. Di lokasi dengan *site selection* cermat, jaringan tata air sederhana-efektif, serta pendampingan teknis yang intensif, adaptasi sosial dan produktivitas dapat tercapai. Namun, pada lokasi dengan desain elevasi dan saluran yang tidak sesuai, kekurangan keterampilan pengelolaan air, dan komoditas yang tidak *fit* dengan kondisi basah, hasilnya cenderung mengecewakan. Dari ketiga contoh ini, benang merahnya jelas: (1) hidrologi adalah fondasi (“*hydrology first*”), (2) operasi dan kelembagaan menentukan keberlanjutan, dan (3) adaptasi lokal serta partisipasi masyarakat bukan pelengkap, melainkan syarat utama keberhasilan.

3.4. Hubungan dengan Emisi Gas Rumah Kaca

Keterkaitan antara kerusakan rawa (khususnya gambut) dan perubahan iklim bersifat langsung dan substantif. Dalam kondisi tergenang dan miskin oksigen, gambut berperan sebagai *carbon sink* jangka panjang. Pengeringan membalik proses ini: karbon teroksidasi menjadi CO₂, sementara kebakaran menambah pelepasan karbon yang cepat dan besar. Studi yang memadukan pengukuran amblesan dengan neraca karbon menunjukkan korelasi yang kuat: semakin cepat *subsidence*, semakin tinggi laju emisi, sehingga *subsidence* dapat dijadikan proksi praktis untuk memantau kehilangan karbon di lapangan (Anshari dkk., 2021).

Restorasi hidrologi melalui *rewetting*—penutupan sekat kanal, pengaturan pintu air, serta pembentukan tampungan internal—menekan dekomposisi aerob dan menurunkan risiko kebakaran. Secara iklim, terdapat *trade-off* yang diketahui: pada fase awal pembasahan, emisi metana bisa meningkat, tetapi pengurangan CO₂ dari berhentinya oksidasi gambut dan penurunan kebakaran umumnya memberikan manfaat iklim bersih dalam jangka menengah-panjang. Dengan demikian, restorasi rawa tidak hanya memulihkan fungsi ekologis dan layanan

hidrologi, tetapi juga menjadi instrumen mitigasi emisi yang strategis bagi pencapaian target iklim. Untuk memberikan gambaran yang lebih konkret tentang besaran emisi yang terlibat, perbandingan emisi CO₂ antara berbagai tingkat kerusakan lahan gambut dapat dilihat pada **Gambar 2.** berikut:



Gambar 2. Perbandingan Emisi CO₂ Berdasarkan Tingkat Kerusakan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian, dapat disimpulkan bahwa daya rusak air pada rawa pasang surut di Indonesia terutama termanifestasi melalui empat mekanisme: intrusi air laut, keasaman tanah akibat oksidasi pirit, degradasi gambut, serta meningkatnya intensitas banjir. Dampak-dampak ini saling memperkuat satu sama lain sehingga menciptakan siklus kerusakan yang semakin memperburuk kondisi ekosistem.

Upaya pengendalian yang telah dilakukan membuktikan bahwa pendekatan vegetatif, fisik-hidrologi, kimiawi, maupun kelembagaan memiliki kelebihan sekaligus keterbatasan masing-masing. Oleh karena itu, pengelolaan rawa tidak dapat bergantung pada satu metode saja. Pengalaman masa lalu memperlihatkan bahwa pendekatan yang hanya menekankan aspek teknis tanpa mempertimbangkan faktor sosial dan ekologis cenderung gagal. Dengan demikian, pengendalian yang efektif harus dilakukan secara terpadu, adaptif, dan partisipatif, dengan melibatkan masyarakat setempat sebagai aktor utama.

Selain itu, kerusakan rawa gambut terbukti mengubah peran ekosistem dari penyimpan karbon menjadi penyumbang emisi gas rumah kaca. Hal ini menegaskan bahwa restorasi rawa tidak hanya penting untuk menjaga keseimbangan ekologis, tetapi juga menjadi bagian dari strategi mitigasi iklim global.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang tulus disampaikan kepada dosen pembimbing, Ir. L. Budi Triadi, Dipl. HE., IPU SDA, ACPE, ASEAN Eng., atas bimbingan, diskusi, dan dukungan intelektualnya yang

tak ternilai dalam penyusunan studi ini. Dan juga kepada para penelaah, Dr. Ir. Yati Muliati, M.T. dan Yessi Nirwana Kurniadi, S.T., M.T., Ph.D., yang telah memberikan tinjauan kritis dan saran yang membangun untuk penyempurnaan naskah ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Agus, F., & Subiksa, I. G. M. (2008). *Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Anshari, G. Z., Gusmayanti, E., & Novita, N. (2021). The Use of Subsidence to Estimate Carbon Loss from Deforested and Drained Tropical Peatlands in Indonesia. *Forests*, 12(6), 732.
- Dent, D. L., & Pons, L. J. (1995). A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma*, 67(3-4), 263-276.
- FAO. (2005). *20 Things to Know About: The Impact of Salt Water on Agricultural Land in Aceh Province*. FAO Field Guide. United Nations Food and Agriculture Organization.
- Noor, M. (2012). *Pengelolaan Lahan Rawa Pasang Surut Berkelanjutan*. Kanisius.
- Sulaeman, E., Suarni, W., & Thamrin, M. (2019). Dinamika Salinitas pada Ekosistem Rawa Pasang Surut. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 43(2), 167-178.
- Triadi, L. B. (2021). *Teknik Pengembangan Lahan Rawa di Indonesia*. Deepublish.
- Wibowo, A., & Satria, A. (2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan ekosistem rawa di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(2), 207-215.