

BAB- I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Rawa pasang surut merupakan ekosistem khas wilayah pesisir yang memiliki fungsi strategis bagi kehidupan manusia, terutama sebagai kawasan pertanian, permukiman serta penyangga lingkungan. Ekosistem ini memiliki karakteristik geografi dan hidrotopografi yang unik karena dipengaruhi oleh dinamika pasang surut air laut secara vertikal. FX. Suryadi (1996) menyatakan bahwa lahan rawa pasang surut memiliki potensi besar sebagai basis pengembangan pertanian di masa mendatang. Subagyo (2006) menambahkan bahwa potensi tersebut tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua. Haryono (2013) juga menegaskan bahwa lahan rawa pasang surut merupakan salah satu tipe agroekologi yang sangat potensial untuk pengembangan tanaman pangan.

Namun demikian, potensi tersebut dihadapkan pada berbagai permasalahan, terutama terkait degradasi kualitas air akibat proses salinisasi. Salinisasi merupakan proses peningkatan kadar garam mudah larut ($NaCl$, Na_2CO_3 , Na_2SO_4) yang berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Rachman *et al.*, 2017). Fenomena ini disebabkan oleh interaksi kompleks antara dinamika pasang surut, debit sungai serta tingkat pencampuran air asin dan air tawar, menyebabkan perubahan pola sirkulasi air dan sedimentasi (Karamma *et al.*, 2020). Proses pencampuran tersebut mempengaruhi distribusi spasial salinitas, suhu, klorofil-a dan kekeruhan air (Hatta *et al.*, 2020). Akumulasi garam dalam sistem irigasi secara terus menerus menyebabkan peningkatan kadar garam pada zona perakaran, sehingga menurunkan produktivitas tanaman (Gupta, 1979). Selain itu, kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim juga memperparah intrusi air asin ke wilayah rawa pesisir (Clermont-Dauphin *et al.*, 2010; Balitbangtan, 2011), sehingga meningkatkan salinitas tanah dan air irigasi (Sukarman *et al.*, 2018). Sejalan dengan hal tersebut, upaya Pengembangan lahan rawa pasang surut di Indonesia merupakan bagian strategis dari kebijakan nasional dalam mendukung ketahanan pangan, optimalisasi sumber daya lahan marginal serta pengembangan wilayah berbasis pertanian. Di Provinsi Sumatera Selatan, pengembangan rawa telah berlangsung sejak akhir dekade 1960-an melalui program nasional yang terstruktur dan berkelanjutan. Tahapan pengembangan ini menunjukkan evolusi pendekatan dari ekstensifikasi lahan menuju pengelolaan tata air terpadu dan berkelanjutan (Direktorat Pengairan dan Irigasi, 2020; Triadi, 2021). Tahap awal pengembangan ditandai dengan pelaksanaan Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) pada periode 1969–1984. Program ini berfokus pada pembukaan lahan rawa secara besar-besaran untuk mendukung program transmigrasi dan peningkatan produksi pangan nasional. Kegiatan utama meliputi pembangunan jaringan tata air dasar berupa saluran primer, sekunder, tersier serta penataan lahan usaha tani (Triadi, 2021). Pendekatan yang digunakan pada tahap ini masih bersifat land development, dengan keterbatasan dalam memahami

kompleksitas hidrotopografi dan dinamika pasang surut (*Direktorat Pengairan dan Irigasi, 2020*). Kawasan Karang Agung Hilir berkembang dalam kerangka program ini, ditandai dengan terbentuknya jaringan tata air awal sebagai fondasi sistem irigasi rawa saat ini. Memasuki periode 1980-an hingga 1990-an, pengembangan rawa dilanjutkan melalui program Swamp Development Project (*SWAMP I dan SWAMP II*) yang menitikberatkan pada penyempurnaan desain teknis dan peningkatan keberlanjutan sistem. Pada tahap ini, pendekatan mulai mempertimbangkan aspek hidrologi, karakteristik tanah rawa serta kondisi hidrotopografi yang mempengaruhi dinamika muka air dan distribusi aliran (*Direktorat Pengairan dan Irigasi, 2020*). Selain itu, penguatan kapasitas petani dan pengembangan teknologi pertanian rawa juga mulai diperkenalkan sebagai bagian dari pendekatan yang lebih komprehensif (*Triadi, 2021*). Pada periode 1990-an hingga awal 2000-an, pengembangan rawa memasuki tahap rehabilitasi dan peningkatan jaringan. Kegiatan ini dilakukan sebagai respons terhadap penurunan kinerja sistem tata air akibat sedimentasi, kerusakan bangunan air serta ketidaksesuaian operasi dan pemeliharaan. Upaya yang dilakukan meliputi normalisasi saluran, rehabilitasi pintu air serta perbaikan tanggul untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi sistem (*Direktorat Pengairan dan Irigasi, 2020*). Pada tahap ini, mulai terlihat pergeseran pendekatan dari pembangunan fisik menuju pengelolaan sistem secara fungsional. Sejak tahun 2010, pengembangan rawa pasang surut di Sumatera Selatan mengalami transformasi menuju pendekatan pengelolaan terpadu dan berkelanjutan. Pemerintah pusat melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat serta Kementerian Pertanian mengimplementasikan berbagai program strategis, seperti Percepatan Peningkatan Tata Guna Air Irigasi (*P3-TGAI*) dan SERASI (*Selamatkan Rawa Sejahterakan Petani*). Program P3-TGAI berfokus pada rehabilitasi jaringan irigasi berbasis partisipasi masyarakat, khususnya pada tingkat tersier, sementara program SERASI menitikberatkan pada optimalisasi pemanfaatan lahan rawa melalui perbaikan tata air mikro, peningkatan indeks pertanaman serta penyediaan sarana produksi pertanian (*Kementerian Pertanian, 2018; Direktorat Pengairan dan Irigasi, 2020*). Di tingkat daerah, pemerintah Provinsi Sumatera Selatan dan Kabupaten Banyuasin secara berkelanjutan melaksanakan program rehabilitasi dan peningkatan jaringan rawa, termasuk di kawasan D.I.R. Karang Agung Hilir. Kegiatan ini mencakup peningkatan kapasitas saluran, pembangunan dan rehabilitasi bangunan pengatur air seperti pintu air dan pintu klep (*flap gate*) serta penguatan tanggul untuk mengendalikan genangan dan intrusi salinitas. Selain itu, kawasan ini juga didukung oleh kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi melalui kebun percobaan pertanian rawa, yang berperan dalam menghasilkan inovasi teknologi spesifik lokasi untuk meningkatkan produktivitas lahan (*Triadi, 2021*). Secara teknis, sistem tata air di Karang Agung Hilir menunjukkan karakteristik yang kompleks akibat interaksi antara aliran dari hulu dan dinamika pasang surut dari hilir. Variasi hidrotopografi menyebabkan perbedaan respon terhadap genangan dan ketersediaan air, sehingga memerlukan sistem pengelolaan yang adaptif (*Direktorat Pengairan dan Irigasi, 2020*). Permasalahan utama yang dihadapi meliputi intrusi salinitas pada musim kemarau, genangan

berlebih pada musim hujan serta sedimentasi saluran yang mempengaruhi kapasitas aliran. Dalam konteks pengembangan terkini, pendekatan berbasis teknologi mulai diterapkan, seperti pemodelan hidrodinamika untuk menganalisis distribusi muka air, kecepatan aliran serta intrusi salinitas. Pendekatan ini sejalan dengan konsep pengelolaan rawa berkelanjutan (*sustainable swamp management*) yang mengintegrasikan aspek hidrologi, lingkungan dan sosial ekonomi (*Direktorat Pengairan dan Irigasi, 2020*). Secara keseluruhan, tahapan pengembangan rawa pasang surut di Sumatera Selatan, khususnya di D.I.R. Karang Agung Hilir, menunjukkan evolusi yang signifikan dari pendekatan ekstensifikasi lahan (*P4S*), menuju penyempurnaan sistem (*SWAMP*), hingga pengelolaan terpadu berbasis teknologi dan keberlanjutan. Transformasi ini menjadi landasan penting dalam pengembangan model tata air rawa pasang surut yang lebih optimal, adaptif terhadap perubahan iklim serta mampu meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian rawa.

Meskipun demikian, pengembangan dan pengelolaan lahan rawa pasang surut masih dihadapkan pada berbagai tantangan kompleks yang berkaitan dengan dinamika hidrologi, kualitas air serta keterbatasan infrastruktur pendukung. Sejak tahap awal pengembangannya, Indonesia telah menerapkan berbagai pendekatan sistem tata air yang disesuaikan dengan kondisi biofisik dan sosial masyarakat setempat (*Departemen PU, 2007*). Dalam konteks tersebut, dikenal 4 sistem tata air pada daerah rawa pasang surut, yaitu:

1. Sistem Handil

Sistem Handil, yang berkembang secara tradisional, merupakan pendekatan yang memanfaatkan saluran-saluran yang menjorok dari sungai ke lahan reklamasi. Sistem ini sederhana namun efektif pada tahap awal pembukaan lahan, karena saluran berfungsi ganda sebagai alur suplai dan pembuangan. Pola ini banyak diterapkan oleh masyarakat Bugis, Banjar, dan Melayu. Secara teknis, sistem ini sesuai untuk tahap permulaan ameliorasi, tetapi tidak optimal untuk menjamin kualitas air secara berkelanjutan karena tidak adanya pemisahan aliran dan bangunan pengatur.

2. Sistem Anjir

Sistem Anjir adalah sistem jaringan reklamasi makro pada lahan rawa pasang surut yang dibangun melalui pembuatan satu saluran besar menghubungkan dua sungai besar. Saluran ini berfungsi sekaligus sebagai saluran navigasi, saluran irigasi dan saluran drainase. Sistem Anjir memanfaatkan dinamika pasang surut untuk mengalirkan air ke lahan pada saat pasang dan membuang kelebihan air atau air asam ke sungai pada saat surut. Karena ukuran salurannya besar, sistem ini juga meningkatkan mobilitas masyarakat dan distribusi hasil pertanian. Sistem ini banyak diterapkan di wilayah rawa Kalimantan karena mampu mendukung pembukaan lahan skala luas, meskipun memerlukan galian besar, biaya tinggi, dan pemeliharaan rutin agar tidak terjadi sedimentasi yang berlebihan.

3. Sistem Garpu

Sistem Garpu hadir sebagai solusi untuk mengendalikan kualitas air melalui

pembangunan kolam penampung di ujung saluran. Kolam tersebut berfungsi sebagai media penyimpanan sementara yang memungkinkan penurunan kandungan racun sebelum air dialirkan kembali. Namun, kapasitas kolam yang terbatas dan tidak meratanya kemampuan menahan air asam menyebabkan sistem ini sering dimodifikasi dengan pemisahan saluran irigasi dan drainase (Wignyosukarto, 1986), serta penyesuaian berdasarkan temuan Roelse et al. (1986) mengenai dinamika air asam di lahan sulfida masam.

4. Sistem Sisir

Sistem Sisir merupakan bentuk pengembangan lanjutan dari sistem anjir dengan membangun satu atau dua saluran primer sejajar sungai guna memastikan distribusi air lebih merata. Keunggulan sistem ini terletak pada keteraturan jaringan dan kestabilan hidraulik, meskipun tetap memerlukan dukungan bangunan pengatur untuk meningkatkan efisiensi tata air.

Keempat sistem tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan sistem tata air rawa pasang surut merupakan proses bertahap yang membutuhkan integrasi antara pendekatan tradisional, rekayasa teknis serta penyesuaian terhadap dinamika hidrologi setempat. Namun demikian, adanya kendala kualitas air terutama terkait salinisasi masih menjadi persoalan pokok yang menghambat produktivitas pertanian. Dengan demikian, pengelolaan salinitas bukan hanya menjadi isu teknis, tetapi juga merupakan komponen krusial bagi ketahanan pangan nasional. Kawasan ini awalnya menggunakan sistem tata air model sisir dengan pola aliran dua arah (*two-way flow system*), namun sistem tersebut memiliki kelemahan mendasar, yaitu tercampurnya aliran suplai dan pembuangan serta ketiadaan infrastruktur pengatur menyebabkan akumulasi sedimen dan zat-zat beracun di saluran primer dan saluran subprimer hingga ke saluran sekunder. Kerusakan pintu air dan struktur pendukung memperburuk kondisi, sehingga mengakselerasi salinisasi dan menurunkan efisiensi distribusi air. Kawasan ini memiliki jaringan irigasi yang lengkap, mulai dari saluran primer, sub primer, sekunder dan kolektor dengan bangunan pengatur, pintu air dari yang masih berfungsi baik hingga yang mengalami sedimentasi berat, kerusakan atau penurunan kapasitas akibat umur layanan. Keragaman kondisi ini menjadikan Karang Agung Hilir lingkungan ideal untuk mengevaluasi efektivitas sistem tata air rawa pasang surut terkait sistem hidraulik dan efektivitas operasi jaringan irigasi rawa pasang surut. Keberadaannya sebagai daerah reklamasi sejak decade 1960-an memberikan rekam jejak panjang terhadap perubahan tata air, sehingga memungkinkan dilakukan kajian baik secara historis maupun aktual. Dinamika hidrologi yang ditandai oleh pasang surut periodik, pergerakan massa air, pola aliran serta penerapan model komputasi hidrodinamika, menunjukkan kompleksitas sistem yang harus dikelola. Penggunaan pintu klep otomatis (*flap gate*) berperan penting sebagai struktur hidrolik yang mampu mengatur sirkulasi air pasang surut periodik secara otomatis, mencegah intrusi air asin serta menjaga keseimbangan antara suplai air tawar dan pembuangan air berlebih (Maricar et al., 2020). Keseluruhan kondisi tersebut menjadikan D.I.R. Karang Agung Hilir sebagai lokasi penelitian yang sangat tepat, representatif untuk merumuskan model tata air yang dapat diaplikasikan di wilayah rawa pasang surut sesuai hidrotopografi

kawasan.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan pentingnya pendekatan hidrodinamik dalam pengelolaan sistem perairan pesisir. Misalnya, Darryl & Hilmar (2020) meneliti model hidrologi rawa pasang surut di Yaquina Bay, Oregon, sementara Riduan et al. (2019) mensimulasikan dinamika hidrodinamik dan kualitas air pada jaringan irigasi rawa di Kalimantan Tengah. Studi Zhang et al. (2022) menegaskan bahwa pemodelan numerik 2D menggunakan MIKE 21 efektif untuk menganalisis pola arus, transportasi sedimen dan distribusi polutan, yang berkaitan erat dengan perubahan salinitas dan kualitas air. Penelitian Zhu et al. (2013) juga menunjukkan kemampuan MIKE 21 dalam menjelaskan interaksi kompleks antara arus, gelombang dan kualitas air di perairan danau dan pesisir. Di Indonesia, Rusdin et al. (2024) membuktikan bahwa analisis data pasang surut dengan metode least squares dapat meningkatkan akurasi prediksi muka air yang penting dalam pemodelan hidrodinamik. Sucipto et al. (2025) dan Hermawan et al. (2023) menyoroti peran interaksi antara arus pasang surut, debit sungai dan morfologi dasar perairan terhadap transportasi sedimen serta pengembangan kawasan pesisir berkelanjutan. Penelitian Setiawan et al. (2022) mengenai penerapan sistem aliran satu arah (*one-way flow system*) di Belanti II, Kalimantan Tengah, menunjukkan bahwa sistem tersebut efektif dalam proses flushing dan leaching, membantu mengurangi kadar garam terlarut dan senyawa toksik di lahan rawa.

Berdasarkan tinjauan literatur dan hasil penelitian sebelumnya, perbedaan mendasar penelitian ini terletak pada integratif antara pemodelan hidrodinamik dan perancangan sistem tata air rawa pasang surut sesuai hidrotopografi kawasan. Dengan pendekatan ini, hasil penelitian mampu memberikan indikator kuantitatif terhadap peningkatan efisiensi tata air, penurunan intrusi salinitas dan peningkatan ketersediaan air tawar pada tingkat lahan. Pemodelan komputasi hidrodinamik dilakukan untuk menganalisis sistem perairan 2D secara spasial dan temporal. Melalui pemodelan ini, diperoleh pemahaman komprehensif mengenai hubungan antara pasang surut, debit aliran dan distribusi salinitas, sehingga hasilnya dapat dijadikan dasar perencanaan sistem tata air yang adaptif terhadap variasi hidrologi musiman. Validasi model dilakukan melalui kalibrasi terhadap data pasang surut dan salinitas hasil pengukuran lapangan menggunakan pendekatan Root Mean Square Error (*RMSE*) untuk memastikan akurasi hasil simulasi. Dalam konteks sistem tata air, pendekatan aliran satu arah (*one-way flow system*) yang diterapkan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan aliran air tawar dari hulu ke hilir sekaligus mengendalikan arus balik (*backflow*) air asin dari saluran primer. Sistem ini diharapkan mampu menciptakan kondisi hidrodinamik yang lebih stabil, menurunkan salinitas dan menjaga ketersediaan air irigasi selama musim kering pada saluran sekunder ditingkat lahan. Pendekatan ini juga berpotensi menjadi model rekayasa yang dapat diterapkan pada kawasan rawa pasang surut lainnya di Indonesia dengan tipologi dan hidrotopografi serupa. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam bidang rekayasa sumber daya air, khususnya dalam pengelolaan sistem irigasi rawa pasang surut yang berkelanjutan dengan dua kebaruan, yang pertama, integrasi

pemodelan komputasi hidrodinamik 2D dengan desain sistem aliran satu arah untuk mendukung pengelolaan irigasi rawa pasang surut belum pernah dilakukan secara spesifik di rawa pasang surut sesuai dengan hidrotopografi kawasan. Kedua, penelitian ini menghasilkan parameter terukur terhadap efektivitas sistem, berupa penurunan salinitas hingga 60% dan peningkatan efisiensi distribusi air sebesar 25% dibandingkan sistem eksisting, dibuktikan melalui simulasi dan validasi lapangan. Selain itu, pendekatan yang dikembangkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan infrastruktur tata air berbasis model prediktif dan lebih adaptif terhadap variabilitas hidrologi musiman yang relevan untuk diterapkan pada tipologi hidrotopografi kawasan rawa pasang surut, karena mampu memberikan dasar ilmiah dalam merancang infrastruktur tata air yang lebih tangguh, berkelanjutan dan berbasis pada prinsip pengendalian kualitas serta kuantitas air secara terpadu.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan utama dalam penelitian ini berkaitan dengan kompleksitas dinamika air dan salinitas di wilayah rawa pasang surut, serta kebutuhan akan model atau sistem pengelolaan air yang adaptif dan efisien. Untuk menjawab permasalahan tersebut, maka rumusan masalah yang dimuat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.2.1. Bagaimana karakteristik, hidrodinamik dan pola pergerakan salinitas di daerah rawa pasang surut ?

Penelitian ini akan mengkaji kondisi fisik wilayah rawa pasang surut, karakteristik hidrodinamik, salinitas serta hubungan antara pasang surut, aliran permukaan dan salinitas pada sistem jaringan irigasi rawa pasang surut.

1.2.2. Bagaimana hidrodinamik dan pola pergerakan salinitas di wilayah rawa pasang surut dapat dimodelkan dengan simulasi 2D ?

Pemodelan dilakukan dengan pendekatan dua dimensi (2D) untuk menggambarkan sebaran salinitas dan pergerakan air secara spasial. Model ini akan dikalibrasi berdasarkan data lapangan serta divalidasi menggunakan matrik RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan antara nilai yang diprediksi oleh model (*hasil simulasi*) dengan nilai aktual real lapangan untuk memastikan keakuratannya dalam merepresentasikan kondisi nyata.

1.2.3. Bagaimana konsep pengembangan sistem tata air rawa pasang surut dapat meningkatkan efisiensi pengaturan air dan mendukung aktivitas pertanian di wilayah rawa pasang surut ?

Pengembangan model atau sistem tata air adaptif diusulkan untuk mengatasi tantangan teknis dalam pengelolaan air di daerah rawa pasang surut. Penelitian ini akan merumuskan konsep sistem berbasis aliran satu arah (*one way flow system*) untuk mengoptimalkan pengaturan air, menjaga kualitas lahan serta menunjang

keberlanjutan pertanian di lahan rawa pasang surut.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan, dengan pendekatan ilmiah dan pemodelan numerik. Tujuan-tujuan tersebut dirinci sebagai berikut :

1.3.1. Menganalisis karakteristik hidrodinamik dan pola pergerakan salinitas di daerah rawa pasang surut

Analisis dilakukan dengan memeriksa data pasang surut, variasi salinitas harian dan musiman serta interaksi antara faktor hidrodinamik dan pola pergerakan salinitas di wilayah rawa pasang surut.

1.3.2. Mensimulasikan hidrodinamik dan pola pergerakan salinitas di wilayah rawa pasang surut dengan pemodelan numerik 2D menggunakan perangkat lunak MIKE 21

Simulasi pemodelan komputasi menggunakan MIKE 21 untuk menggambarkan pola sebaran salinitas secara 2D. Pemodelan ini bertujuan untuk memahami distribusi salinitas secara spasial dan temporal di wilayah penelitian.

1.3.3. Mengembangkan model atau sistem tata air rawa pasang surut sesuai dengan hidrotopografi kawasan

Pengembangan sistem tata air berbasis hidrotopografi bertujuan untuk menyesuaikan siklus pasang surut periodik, pola aliran, tingkat salinitas dan kontrol air berbasis waktu pemanfaatan air dengan kondisi lahan aktual guna meningkatkan efisiensi tata kelola air irigasi pertanian rawa pasang surut yang berkelanjutan.

1.4. Kegunaan Penelitian

Kegunaan utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.4.1. Meningkatkan pengelolaan sumber daya air

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model atau sistem tata air yang efisien dan berkelanjutan untuk daerah rawa pasang surut, dengan fokus pada pengelolaan air yang optimal dalam mendukung keberlanjutan serta peningkatan produktivitas pertanian di daerah rawa pasang surut sesuai hidrotopografi Kawasan.

1.4.2. Mendukung peningkatan produktivitas pertanian

Dengan pengelolaan air yang lebih terkontrol, model atau sistem ini diharapkan dapat meningkatkan kesuburan tanah di kawasan rawa pasang surut, yang pada gilirannya mendukung peningkatan kualitas dan kuantitas hasil produksi tanaman padi.

1.4.3. Penyediaan data dan informasi untuk kebijakan pengelolaan sumber daya air dan ilmu pengetahuan

Penelitian ini dapat memberikan data yang berguna bagi pemerintah dan lembaga terkait dalam merancang kebijakan pengelolaan sumber daya air, terutama dalam merespons dampak perubahan iklim pada daerah rawa pasang surut serta sumbangsi nyata terhadap pengembangan ilmu pengetahuan.

1.4.4. Peningkatan pemahaman terhadap dinamika ekosistem rawa pasang surut

Penelitian ini akan memberikan pemahaman lebih terhadap dinamika pasang surut, interaksi antara air dan tanah di kawasan rawa pasang surut, sehingga dapat memperkaya kajian ilmiah dan memberikan wawasan baru dalam upaya pengembangan kawasan rawa pasang surut sesuai dengan hidrotopografinya.

1.4.5. Mengurangi dampak negatif perubahan iklim

Model atau sistem tata air yang dikembangkan dapat membantu mengurangi dampak negatif perubahan iklim terhadap daerah rawa, seperti peningkatan frekuensi banjir atau kekeringan ekstrem. Dengan pengelolaan air yang lebih baik, kawasan rawa pasang surut dapat lebih adaptif terhadap perubahan iklim yang terjadi.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini akan difokuskan pada pengembangan model atau sistem tata air yang efektif dan berkelanjutan untuk pengelolaan daerah rawa pasang surut sesuai dengan hidrotopografinya, dengan melihat aspek-aspek berikut ini :

1.5.1. Lokasi penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di daerah rawa pasang surut yang memiliki karakteristik perubahan muka air secara periodik akibat pasang surut air laut. Kawasan yang akan dijadikan objek penelitian meliputi lahan-lahan rawa yang terdapat di daerah pesisir dengan tipologi C secara hidrotopografi, seperti D.I.R. Karang Agung Hilir kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan.

1.5.2. Karakteristik hidrodinamika daerah rawa pasang surut

Penelitian ini akan membahas fenomena pasang surut yang terjadi di daerah rawa pasang surut, termasuk pola pergerakan air, pengaruh fluktuasi air serta hubungannya dengan tingkat salinitas yang terjadi.

1.5.3. Identifikasi masalah dalam sistem tata air rawa pasang surut

Penelitian ini fokus pada permasalahan utama yang dihadapi dalam sistem tata air rawa pasang surut, seperti banjir, kekeringan musiman dan kontaminasi air akibat tingginya kadar salinitas dan intrusi air laut.

1.5.4. Aspek sistem tata air

Penelitian ini mengkaji pola pengembangan model atau sistem tata air di daerah rawa pasang surut dengan penentuan pola aliran, tingkat salinitas dan kontrol air berbasis waktu pemanfaatan air dengan kondisi lahan aktual guna mendukung irigasi pertanian rawa pasang surut yang berkelanjutan.

1.5.5. Aspek sosial dan ekonomi

Penelitian ini juga akan melihat dampak sosial dan ekonomi terhadap hasil pengembangan model atau sistem tata air yang lebih baik, dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada lahan pertanian rawa pasang surut.

1.5.6. Evaluasi model tata air rawa pasang surut

Penelitian ini akan mengevaluasi model pengelolaan tata air yang dapat diadaptasi sesuai hidrotopografi Kawasan rawa pasang surut.

1.6. Kebaruan Penelitian

Kebaruan penelitian ini ada pada pendekatan integratif dan inovatif dalam pengelolaan sistem tata air di wilayah rawa pasang surut, yang selama ini masih kurang mendapat perhatian baik dalam kajian ilmiah maupun praktik pengelolaan pertanian di lahan rawa. Kebaruan utama penelitian ini terwujud dalam perancangan model sistem tata air adaptif yang mengintegrasikan konsep aliran satu arah (*one-way flow system*) pada jaringan irigasi dengan tipologi C, yang memiliki dinamika hidrotopografi dan hidrodinamika pasang surut sangat kompleks, khususnya terkait fluktuasi salinitas dan volume air. Secara lebih spesifik, penelitian ini menawarkan dua aspek kebaruan utama, yaitu :

1. Integrasi pemodelan komputasi hidrodinamik dua dimensi (*2D*) dengan desain sistem aliran satu arah pada sistem tata air rawa pasang surut sesuai karakteristik dan hidrotopografi kawasan. Pendekatan ini belum pernah dilakukan secara spesifik pada konteks rawa pasang surut.
2. Pengembangan parameter terukur terhadap efektivitas sistem, yang menunjukkan hasil penurunan salinitas hingga 60% dan peningkatan efisiensi distribusi air sekitar 25% dibandingkan dengan sistem eksisting. Temuan ini didukung oleh hasil simulasi numerik dan validasi lapangan.

Pendekatan yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik teknis pengelolaan tata air di lahan rawa pasang surut secara berkelanjutan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengambilan keputusan dalam perencanaan infrastruktur tata air berbasis model prediktif yang lebih adaptif terhadap variabilitas hidrologi musiman, serta mendukung perancangan sistem tata air yang tangguh, efisien, dan berkelanjutan berdasarkan prinsip pengendalian kualitas dan kuantitas air secara terpadu.

BAB II

POTENSI DAN PEMANFAATAN AIR SUNGAI LALAN UNTUK IRIGASI RAWA PASANG SURUT KARANG AGUNG HILIR

2.1. Abstrak

Sungai Lalan merupakan salah satu sumber air yang penting di wilayah D.I.R. Karang Agung Hilir, memiliki potensi besar yang dapat dimanfaatkan sebagai air irigasi pada lahan rawa pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi dan pemanfaatan air Sungai Lalan dalam mendukung sistem irigasi di lahan rawa pasang surut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Lalan memiliki kualitas air yang memenuhi standar untuk irigasi, dengan nilai pH, kandungan unsur hara, dan tingkat kekeruhan yang sesuai untuk pertanian. Debit aliran Sungai Lalan cukup stabil sepanjang tahun, meskipun terdapat fluktuasi musiman yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan irigasi. Analisis kesesuaian lahan menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah cocok untuk irigasi menggunakan air sungai, baik pada musim basah maupun musim kering, terutama pada fase menjelang surut dari siklus pasang surut periodik. Pemanfaatan air sungai untuk irigasi rawa pasang surut menawarkan peluang besar untuk meningkatkan produktivitas pertanian di daerah tersebut. Namun, diperlukan pengelolaan yang efektif dan berkelanjutan untuk menjaga kualitas air serta mengoptimalkan distribusi air selama musim tanam. Penelitian ini memberikan rekomendasi strategis untuk pengembangan model atau sistem tata air rawa pasang surut yang efisien dan ramah lingkungan di wilayah D.I.R. Karang Agung Hilir.

Kata kunci : *Sungai Lalan, irigasi, rawa pasang surut, kualitas air*

2.2. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dengan keanekaragaman ekosistem yang mendukung berbagai aktivitas pertanian. Salah satu ekosistem yang memiliki potensi besar namun sering kali kurang dimanfaatkan secara optimal adalah lahan rawa pasang surut. Lahan rawa pasang surut memiliki karakteristik unik berupa perubahan periodik antara kondisi kering dan basah yang disebabkan oleh fluktuasi air laut. Wilayah D.I.R. Karang Agung Hilir, yang terletak di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan merupakan salah satu daerah yang didominasi oleh jenis lahan ini. Meskipun lahan rawa pasang surut ini memiliki kesuburan yang tinggi, tantangan utama dalam memanfaatkannya untuk lahan pertanian adalah manajemen air yang tepat, terutama dalam hal salinitas dan kualitas air untuk irigasi. Sungai Lalan adalah salah satu sungai besar di Sumatera Selatan, mengalir melalui Karang Agung Hilir. Sungai ini memainkan peran penting sebagai sumber air utama untuk berbagai kebutuhan masyarakat, termasuk irigasi pertanian. Dengan aliran air yang stabil sepanjang tahun, Sungai Lalan menawarkan potensi besar sebagai sumber air irigasi untuk lahan rawa pasang surut. Pemanfaatan air Sungai Lalan secara efektif dapat mengubah lahan rawa yang selama ini kurang produktif menjadi

lahan pertanian yang subur dan berkelanjutan. Namun, untuk mewujudkan potensi ini, diperlukan kajian mendalam mengenai berbagai aspek terkait dengan penggunaan air Sungai Lalan untuk irigasi. Ini mencakup analisis kualitas air untuk memastikan bahwa air sungai layak digunakan bagi tanaman pertanian, evaluasi debit aliran guna mengetahui ketersediaan air sepanjang tahun serta penilaian kesesuaian lahan untuk pertanian. Dalam beberapa dekade terakhir, upaya peningkatan produktivitas pertanian di lahan rawa pasang surut telah menjadi fokus utama pemerintah dan berbagai lembaga riset. Berbagai teknologi dan metode pengelolaan air telah dikembangkan untuk mendukung penggunaan lahan rawa secara lebih efisien. Namun, sering kali, tantangan seperti perubahan iklim, intrusi air asin, dan degradasi lingkungan menjadi penghambat utama dalam implementasi sistem serta mahalnya operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi yang berkelanjutan. Dengan melakukan kajian komprehensif tentang kualitas dan kuantitas air Sungai Lalan serta kesesuaiannya untuk irigasi, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi pemanfaatan air Sungai Lalan untuk irigasi pada kondisi menjelang surut, dengan fokus pada analisis volume dan kualitas air serta kesesuaian lahan. Studi ini penting mengingat perubahan iklim dan aktivitas manusia yang terus mengubah dinamika hidrologis di wilayah pesisir, yang berdampak langsung pada ketersediaan dan kualitas air untuk irigasi. Metodologi penelitian mencakup pengukuran lapangan untuk mendapatkan data mengenai volume air selama kondisi surut, analisis kualitas air untuk menilai tingkat salinitas dan parameter lainnya. Penelitian ini juga akan mempertimbangkan teknik-teknik pengelolaan air yang dapat diterapkan untuk mengoptimalkan penggunaan air sungai dan mengatasi tantangan yang ada. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam mengenai potensi dan tantangan pemanfaatan air Sungai Lalan untuk irigasi. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menyusun rekomendasi praktis bagi pengelolaan irigasi yang berkelanjutan di kawasan pasang surut, yang dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan mendukung kesejahteraan masyarakat lokal.

2.3. Metodologi

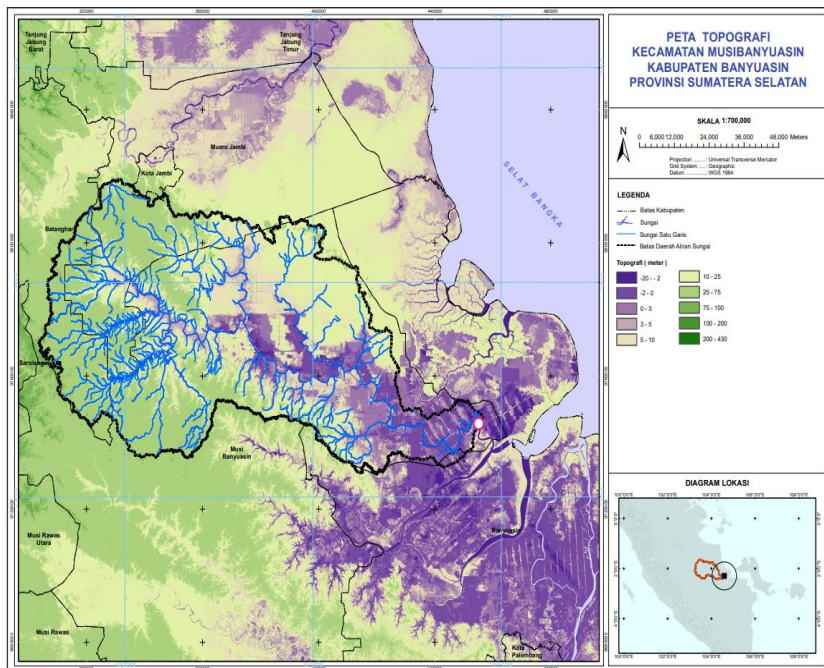
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan fokus kajian pada pengumpulan dan analisis data dalam menilai potensi dan pemanfaatan air Sungai Lalan untuk irigasi rawa pasang surut secara objektif, sehingga hasil kesimpulan yang dibuat dapat digeneralisasikan pada daerah lain dengan tipologi dan hidrotopografi serupa. Penelitian dilakukan di daerah D.I.R. Karang Agung Hilir dengan fokus pada aliran Sungai Lalan dan area pertanian yang memanfaatkan sistem irigasi rawa. Pengumpulan data dilakukan terhadap data pasang surut, data salinitas, data pH air dan suhu air permukaan. Analisis dilakukan terhadap data pasang surut untuk memahami karakteristik dan pola aliran air selama fase pasang dan fase surut. Sedangkan data salinitas dianalisis untuk mengetahui tingkat salinitas sumber air irigasi yang berasal dari Sungai Lalan. Data pH air dan suhu air dianalisis untuk mengetahui tingkat keasaman berdasarkan nilai pH air

Sungai Lalan dan suhu permukaan pada kawasan rawa pasang surut. Kesimpulan dan rekomendasi yang dihasilkan diharapkan memiliki implikasi langsung dalam pengembangan kebijakan yang mendukung model atau sistem tata air irigasi pertanian berkelanjutan dan pengelolaan sumber daya air D.I.R. Karang Agung Hilir, Sumatera Selatan, Indonesia.

2.4. Hasil dan Pembahasan

2.4.1. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada pada daerah D.I.R. Karang Agung Hilir yang secara administratif terletak di Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan, Indonesia. Lokasi ini dipilih karena mewakili kondisi hidrodinamik dan permasalahan salinitas yang kompleks akibat intrusi air laut serta dinamika pasang surut yang tinggi, sehingga relevan untuk pengembangan model sistem tata air berbasis adaptif, seperti terlihat pada gambar 2.1.



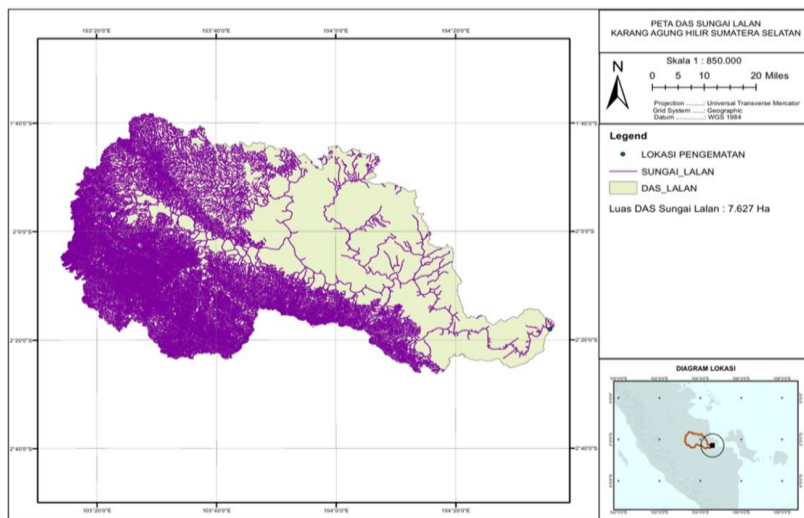
Gambar 2.1. Lokasi penelitian

Pada gambar 2.1. menunjukkan lokasi penelitian berada di D.I.R. Karang Agung Hilir Kecamatan Karang Agung Hilir Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan seluas ± 16.098 ha (*Permen PUPR 14/2015*). Secara hidrotopografi kawasan ini masuk dalam tipologi C, dimana elevasi lahan relatif lebih tinggi sehingga air pasang dari sungai atau laut sudah tidak dapat masuk secara gravitasi ke lahan pertanian. Sistem tata air di wilayah ini terdiri dari saluran navigasi, saluran primer, saluran sub primer, saluran sekunder, dan saluran kolektor yang dirancang untuk mendukung pengelolaan air bagi pertanian lahan rawa. Secara historis,

dahulu daerah ini merupakan kawasan pengembangan yang dibangun pada tahun 1970-an sebagai bagian dari Proyek Pengembangan Sawah Pasang Surut (*P4S*) dan Proyek Pengembangan Lahan Gambut (*PLG*). Saat ini kawasan Karang Agung Hilir merupakan salah satu daerah irigasi yang masuk dalam program strategis nasional yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat untuk mendukung program ketahanan pangan nasional.

2.4.2. Potensi air Sungai Lalan

Sungai Lalan merupakan salah satu sumber daya air yang memiliki potensi signifikan sebagai penyedia air irigasi, khususnya bagi pengembangan lahan rawa pasang surut di wilayah Karang Agung Hilir dan sekitarnya. Karakteristik hidrologi Sungai Lalan yang dipengaruhi oleh dinamika pasang surut secara periodik memungkinkan pemanfaatan fluktuasi muka air sebagai sistem pengatur alami untuk penyediaan air irigasi. Hal ini sangat relevan dalam mendukung sistem tata air mikro pada lahan pertanian rawa pasang surut yang memerlukan pengelolaan air yang presisi dan berkelanjutan. Wilayah yang didominasi oleh lahan rawa potensial dan kesuburan tanah yang tinggi, memiliki prospek yang baik untuk pengembangan budidaya padi dan komoditas pertanian lainnya. Dengan panjang Sungai Lalan sekitar 230 km dan luas daerah tangkapan air (*catchment area*) mencapai 7.627 Ha, sebagaimana ditampilkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Peta DAS Sungai Lalan

Pada gambar 2.2. menunjukkan Sungai Lalan memiliki potensi yang sangat besar sebagai sumber air irigasi di wilayah rawa pasang surut Karang Agung Hilir dan sekitarnya. Karakteristik morfologi sungai, dengan lebar penampang basah antara 340–352 meter dan kedalaman 3-4,5 meter, seperti terlihat pada gambar 2.3.

From Pos: 104.602507259, -2.308076723

To Pos: 104.599431672, -2.308815070



Gambar 2.3. Typical penampang basah Sungai Lalan

Pada gambar 2.3. dimensi penampang basah Sungai Lalan menggambarkan kapasitas hidraulik yang cukup memadai dalam menampung debit aliran yang mengalir sepanjang badan sungai. Kapasitas ini dinilai mampu mengakomodasi fluktuasi debit musiman yang dipengaruhi oleh dinamika iklim regional. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penampang basah Sungai Lalan memiliki kapasitas hidraulik yang memadai untuk menampung debit aliran maksimum yang diobservasi selama berbagai periode pengamatan, termasuk saat terjadinya puncak aliran pada musim basah. Analisis hidrologi selama periode musim basah (*November–April*) menunjukkan peningkatan signifikan pada debit sungai, yang sejalan dengan pengaruh angin muson barat daya. Angin muson ini membawa massa udara lembap dari Samudra Hindia, meningkatkan curah hujan di wilayah DAS Sungai Lalan. Curah hujan yang tinggi menyebabkan peningkatan runoff permukaan, sehingga debit sungai naik secara drastis. Variasi debit ini tercermin dalam hidrograf yang menunjukkan puncak debit dengan durasi dan intensitas tertentu. Sebaliknya, pada musim kering (*Mei–Oktober*), dominasi angin muson timur yang kering mengakibatkan penurunan curah hujan secara signifikan. Hal ini berdampak pada berkurangnya aliran sungai dan penurunan debit hingga mencapai nilai minimum tahunan. Data debit Sungai Lalan yang diperoleh dari pengukuran lapangan menggunakan alat pengukur debit current meter, direpresentasikan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s). Rangkaian data tersebut disajikan secara lengkap pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Debit air Sungai Lalan

Bulan	Debit Musim Basah (m^3/s)	Debit Musim Kering (m^3/s)
November	400–500	-
Desember	400–500	-
Januari	400–500	-
Februari	400–500	-
Maret	400–500	-
April	400–500	-
Mei	-	50–100
Juni	-	50–100
Juli	-	50–100
Agustus	-	50–100

September	-	50–100
Oktober	-	50–100

Pada tabel 2.1. menunjukkan potensi debit aliran Sungai Lalan yang cukup signifikan, baik pada periode musim basah maupun musim kering, mencerminkan ketersediaan sumber daya air yang berkelanjutan di kawasan rawa pasang surut. Pada periode musim basah (*November–April*), debit Sungai Lalan tercatat masih berada dalam pada kisaran 400–500 m³/s, sedangkan pada musim kering (*Mei–Oktober*), debit Sungai Lalan masih tetap stabil dalam rentang 50–100 m³/s. Fluktuasi debit ini menunjukkan bahwa Sungai Lalan memiliki kapasitas pasokan air yang cukup untuk mendukung sistem dan ketersediaan air untuk irigasi, khususnya pada kawasan pertanian rawa pasang surut. Debit yang tinggi pada musim hujan berpotensi dimanfaatkan secara optimal untuk menunjang kebutuhan air irigasi tanaman secara intensif, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas pertanian di wilayah rawa pasang surut D.I.R. Karang Agung Hilir. Berdasarkan data debit yang tersedia, dilakukan analisis perhitungan neraca air guna mengevaluasi kesesuaian antara pasokan air sungai dan kebutuhan air irigasi pada lahan pertanian rawa pasang surut di wilayah Karang Agung Hilir, yang memiliki luas cakupan (*outcam*) sebesar 16.000,00 hektar. Rincian hasil analisis neraca air tersebut disajikan pada tabel 2.2.

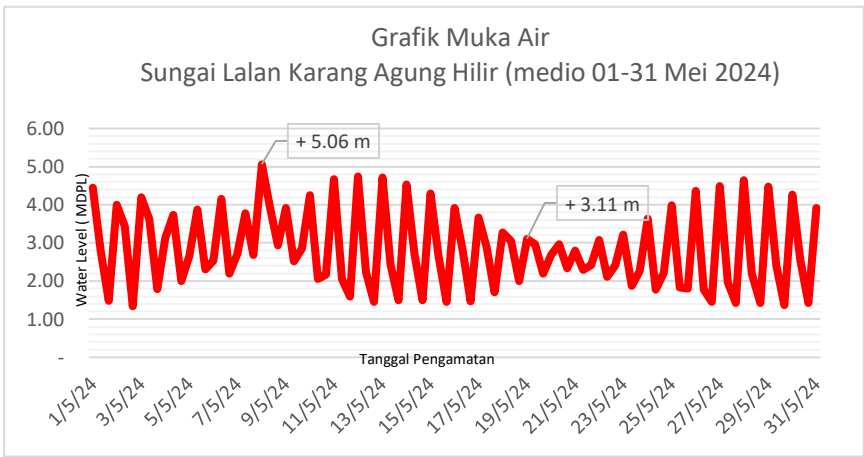
Uraian	Volume (m ³ /tahun)
In Flow :	
1. Curah Hujan (R)	320.000.000,00
2. Aliran Sungai (Qin)	311.040.000,00
Total In flow	631.040.000,00
Out Flow :	
1. Evapotranspirasi (ET)	120.000.000,00
2. Perlokasi dan Drainase	51.104.000,00
3. Perubahan Penyimpanan ((ΔS)	25.552.000,00
Total Out Flow	314.384.000,00
Neraca Air Bersih Tahunan	316.656.000,00

Pada tabel 2.2. menunjukan adanya kelebihan air atau surplus air tahunan sebesar 316.656.000 m³ setelah kebutuhan irigasi dasar terpenuhi. Surplus ini dapat dimanfaatkan untuk pengembangan irigasi tambahan, ekspansi lahan pertanian, atau sebagai cadangan air melalui sistem penyimpanan untuk menghadapi periode kekeringan. Optimalisasi pemanfaatan surplus air ini memerlukan penerapan strategi pengelolaan sumber daya air yang terintegrasi, termasuk penggunaan teknologi irigasi yang efisien dalam distribusi air. Pendekatan ini tidak hanya akan

meningkatkan efisiensi penggunaan air tetapi juga memperkuat ketahanan sistem irigasi serta mendukung peningkatan produktivitas pertanian di wilayah Karang Agung Hilir secara berkelanjutan.

2.4.3. Salinitas dan kualitas air

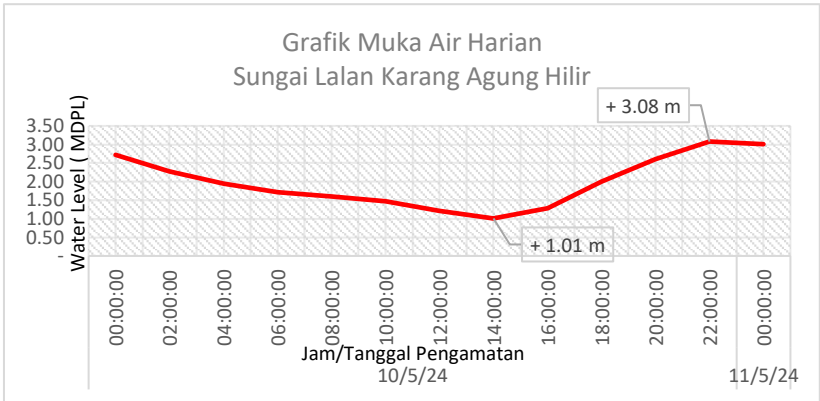
Parameter salinitas dan kualitas air Sungai Lalan mengalami variasi signifikan, dipengaruhi oleh siklus pasang surut periodik di wilayah penelitian. Pada musim hujan, peningkatan curah hujan serta peningkatan aliran air tawar dari daerah hulu Sungai Lalan, menyebabkan dilusi konsentrasi ion-ion terlarut, sehingga menurunkan tingkat salinitas di badan sungai. Sebaliknya, selama musim kemarau, debit air tawar berkurang secara substansial, menyebabkan penetrasi intrusi air laut semakin jauh ke dalam sungai. Proses hidrodinamika ini, dipicu oleh perbedaan tekanan dan massa jenis antara air laut dan air tawar serta siklus pasang surut, menyebabkan peningkatan signifikan pada konsentrasi salinitas di sepanjang bagian hilir sungai yang dapat menembus hingga ke wilayah hulu. Kondisi ini mempengaruhi parameter salinitas dan kualitas air. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya air dan sistem irigasi di daerah rawa pasang surut seperti Karang Agung Hilir harus mempertimbangkan dinamika salinitas ini untuk menghindari dampak negatif terhadap tanaman padi dan vegetasi lain yang sensitif terhadap air salin. Ilustrasi siklus pasang surut beserta pola perubahan salinitas sepanjang Sungai Lalan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Grafik muka air Sungai Lalan medio 01-31 Mei 2024

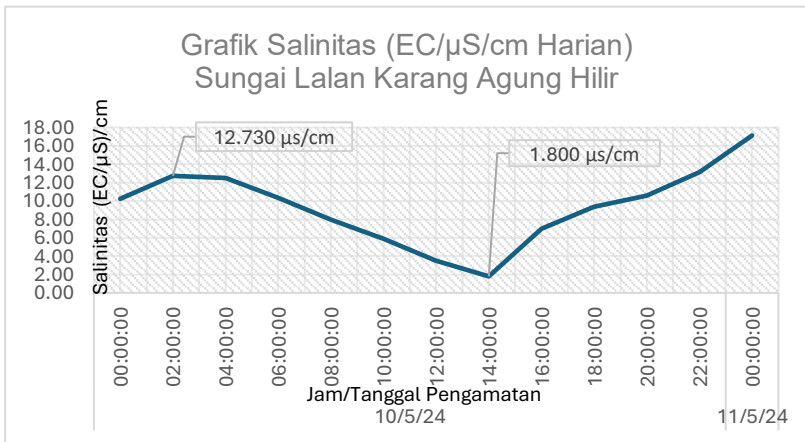
Pada gambar 2.4. menunjukan elevasi muka air pasang tertinggi tercatat 5,06 m di atas permukaan laut (MDPL) pada tanggal 8 Mei 2024 pukul 21.00 WIB. Peristiwa ini terjadi ketika posisi Matahari, Bulan, dan Bumi berada pada satu garis lurus (*konjungsi atau oposisi*), sehingga menghasilkan amplitudo pasang maksimum yang dikenal sebagai pasang purnama (*spring tide*). Sebaliknya, pasang perbani (*neap tide*) terjadi ketika bulan berada pada fase kuartier pertama atau ketiga, membentuk sudut sekitar 90° terhadap garis antara Matahari dan Bumi, sehingga

menghasilkan amplitudo pasang yang lebih rendah. Pasang perbani tercatat pada tanggal 19 Mei 2024 pukul 19.00 WIB dengan elevasi muka air sebesar 3,110 m MDPL, sedangkan elevasi muka air terendah tercatat pada tanggal 26 Mei 2024 pukul 15.00 WIB dengan ketinggian muka air sebesar 1,390 m MDPL. Pola variabilitas elevasi muka air ini sejalan dengan hasil analisis data pengamatan elevasi muka air harian yang direkam setiap dua jam, sebagaimana diilustrasikan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Grafik muka air harian Sungai Lalan

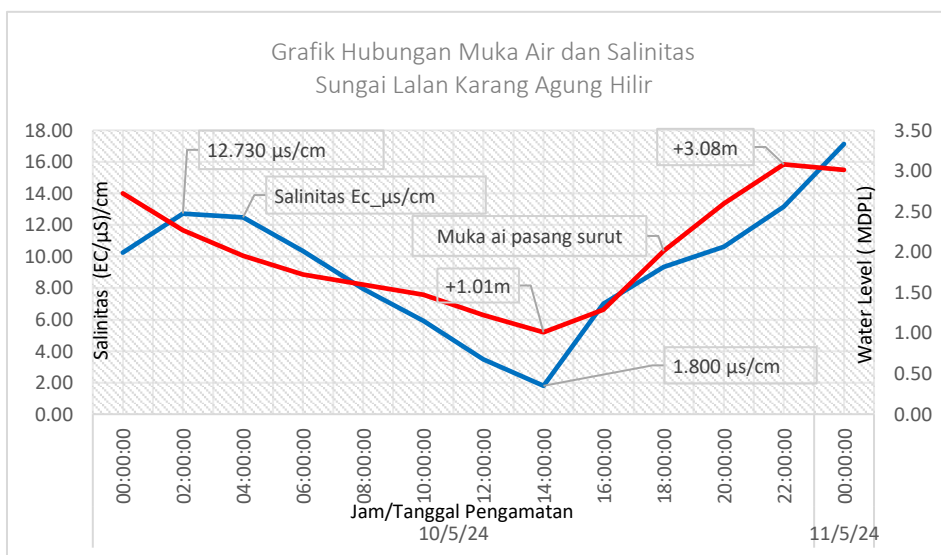
Pada gambar 2.5. menunjukkan dinamika pasang surut periodik yang terjadi dapat mempengaruhi tingkat salinitas dan kualitas air di Sungai Lalan, terutama saat air laut naik (*pasang*) dan turun (*surut*). Ketika air laut naik, air asin dapat masuk ke hulu sungai, meningkatkan salinitasnya sehingga memperburuk kualitas air bila digunakan untuk sumber air irigasi. Sebaliknya, saat air laut surut, salinitas menurun karena air asin kembali ke laut. Dari hasil analisis, dapat lihat fluktuasi salinitas dari data yang diambil setiap 2 jam, seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Grafik salinitas harian Sungai Lalan periode 10/05/2024

Pada gambar 2.6. dalam kondisi pasang maupun surut, parameter salinitas

diukur menggunakan nilai konduktivitas listrik (*Electrical Conductivity, EC*) dalam satuan mikro siemens per sentimeter ($\mu\text{S/cm}$). EC merupakan indikator penting yang merepresentasikan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik, secara langsung berbanding lurus dengan konsentrasi ion terlarut atau garam dalam air. Oleh karena itu, EC menjadi parameter kunci dalam evaluasi tingkat salinitas air pada lokasi penelitian. Data EC diambil secara periodik di beberapa titik strategis sepanjang Sungai Lalan, terutama di lokasi muara dan pertemuan saluran navigasi yang merupakan area kritis dalam sistem irigasi rawa pasang surut. Fluktuasi EC yang signifikan selama siklus pasang surut menunjukkan dinamika salinitas yang mempengaruhi kualitas air. Tingginya nilai EC pada fase pasang mencerminkan peningkatan intrusi air laut yang dapat menimbulkan kondisi salinitas tinggi di saluran irigasi, berpotensi menurunkan efisiensi penggunaan air irigasi. Sebaliknya, penurunan nilai EC saat surut menunjukkan dominasi aliran air tawar yang lebih kondusif bagi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, pemantauan rutin EC sangat penting sebagai indikator kualitas air untuk pengelolaan irigasi yang adaptif, serta menjaga keseimbangan ekosistem akuatik yang rentan terhadap perubahan salinitas. Integrasi data EC dengan parameter hidrologi lainnya memungkinkan perancangan sistem irigasi yang dapat menyesuaikan operasi dengan dinamika pasang surut guna meminimalkan dampak negatif salinitas pada produksi pertanian. Pola fluktuasi salinitas yang ditunjukkan oleh nilai EC ini secara jelas dapat diamati pada gambar 2.7.



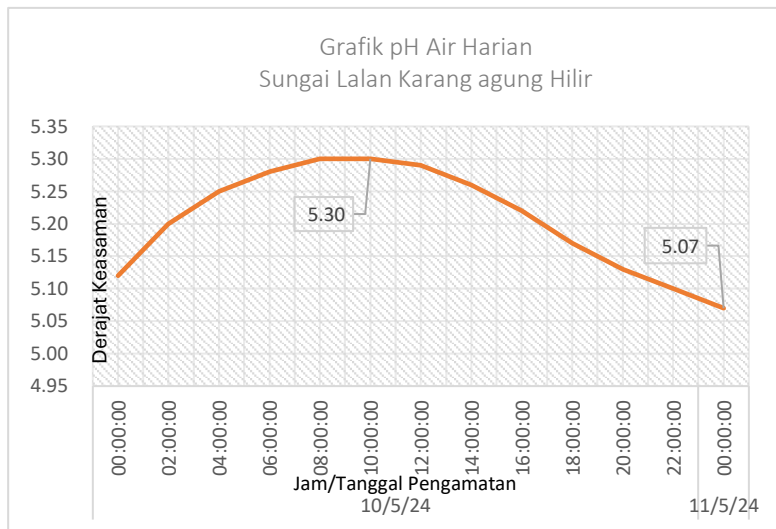
Gambar 2.7. Grafik hubungan muka air dan Salinitas Sungai Lalan

Pada gambar 2.7. menunjukkan nilai salinitas air di lokasi pertemuan antara saluran navigasi dan Sungai Lalan mengalami fluktuasi mengikuti pola pasang surut periodik. Selama fase pasang, air laut dari wilayah pesisir terdorong masuk ke arah hulu melalui sistem estuari, menyebabkan terjadinya intrusi air laut ke dalam saluran irigasi. Kondisi ini tercermin dari peningkatan signifikan nilai EC, yang menunjukkan

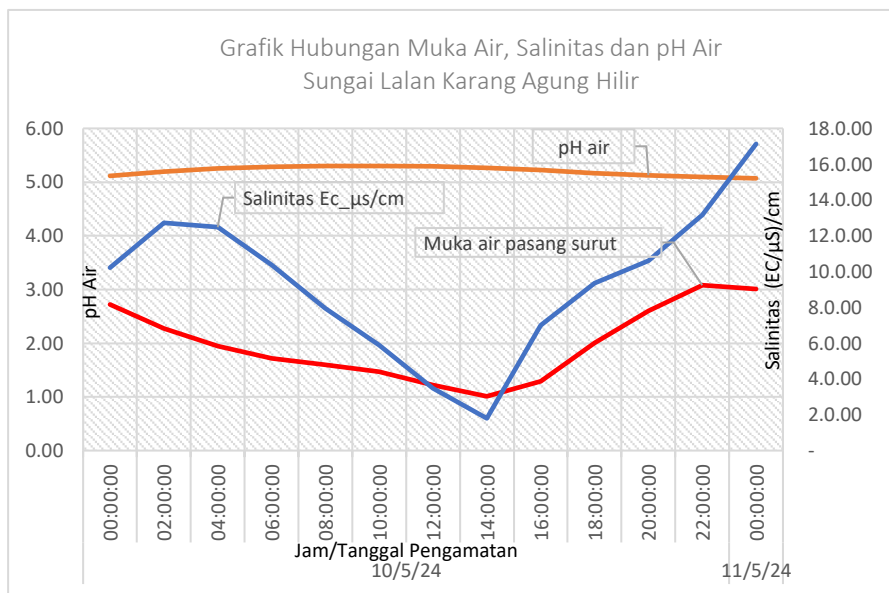
bahwa air pada lokasi tersebut menjadi lebih salin akibat tingginya konsentrasi ion-ion terlarut. Sebaliknya, pada fase surut, volume air laut yang masuk menurun dan dominasi air tawar dari hulu meningkat, sehingga menyebabkan penurunan nilai EC secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air pada saat surut cenderung mendekati karakteristik air tawar. Fluktuasi nilai EC ini merupakan indikator penting dalam memahami dinamika kualitas air pada Lokasi penelitian, karena secara langsung memengaruhi kesesuaian air irigasi untuk keperluan pertanian, khususnya pada budidaya tanaman padi yang sensitif terhadap salinitas. Apabila tidak dikelola dengan baik, periode pasang dengan EC tinggi dapat menyebabkan akumulasi garam di zona perakaran tanaman, yang pada akhirnya mengganggu proses fisiologis dan menurunkan produktivitas lahan. Oleh karena itu, informasi ini dapat dijadikan dasar untuk menyusun model prediktif kualitas air yang mempertimbangkan aspek temporal dan hidrodinamik kawasan rawa pasang surut. Hal ini menjadi sangat penting dalam upaya pengembangan sistem irigasi adaptif yang mampu merespons secara dinamis terhadap perubahan kondisi lingkungan, guna menjamin keberlanjutan sistem produksi pertanian di kawasan rawa pasang surut seperti D.I.R. Karang Agung Hilir, Sumatera Selatan, Indonesia.

2.4.4. Derajat keasaman air (pH air)

Berdasarkan hasil analisis terhadap data yang dikumpulkan di sekitar muara Sungai Lalan hingga ke dalam sistem jaringan irigasi rawa pasang surut Karang Agung Hilir, dapat dinyatakan bahwa perubahan nilai pH air di lokasi penelitian dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berinteraksi. Salah satu faktor utama adalah masuknya air laut ke dalam muara sungai akibat fenomena pasang surut yang terjadi secara periodik. Air laut diketahui memiliki karakteristik yang lebih basa dibandingkan air tawar, dengan nilai pH yang umumnya lebih tinggi. Oleh karena itu, pada saat pasang laut, intrusi air laut ke dalam muara sungai menyebabkan peningkatan nilai pH air, yang semula cenderung netral atau sedikit asam menjadi mendekati basa ($pH > 7$). Selain itu, aliran air tawar yang berasal dari hulu Sungai Lalan juga berperan dalam mempengaruhi nilai pH. Selama perjalanannya menuju muara, air tawar tersebut mengalami proses kimiawi alami sepanjang badan sungai, seperti reaksi redoks dan pelarutan mineral, yang dapat mengubah kondisi pH dari semula sedikit asam menjadi netral ($pH < 7$ menjadi $pH = 7$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perubahan nilai pH air di muara Sungai Lalan merupakan hasil dari interaksi kompleks antara faktor alami dan aktivitas manusia. Oleh karena itu, terjadinya perubahan pH air di muara Sungai Lalan merupakan hasil dari interaksi kompleks antara faktor alami dan aktivitas antropogenik di sekitarnya. Temuan ini didukung oleh hasil analisis data berkala yang dikumpulkan setiap dua jam di lokasi pertemuan muara saluran navigasi dan Sungai Lalan, sebagaimana ditampilkan pada gambar 2.8 dan 2.9.



Gambar 2.8. Grafik derajat keasaman air (*pH air*) harian



Gambar 2.9. Grafik hubungan muka air, salinitas dan pH air Sungai Lalan

Pada gambar 2.8 dan 2.9. menunjukkan nilai derajat keasaman atau pH air di Sungai Lalan dalam kisaran antara 5,07 hingga 5,30. Rentang nilai tersebut secara jelas menunjukkan bahwa kondisi air tergolong bersifat asam, karena berada jauh di bawah nilai pH netral ($pH = 7$). Tingkat keasaman air yang relatif tinggi ini disebabkan oleh berbagai faktor yang bersifat alami maupun antropogenik. Dari sisi alami, karakteristik tanah di sekitar Sungai Lalan, khususnya tanah gambut yang kaya akan bahan organik, serta jenis vegetasi yang tumbuh di sepanjang bantaran sungai, berperan penting dalam melepaskan senyawa asam organik ke dalam air.

Selain faktor alami, aktivitas manusia di daerah aliran sungai, terutama di bagian hulu. Kegiatan pertanian yang menggunakan pupuk kimia atau pestisida, serta aktivitas industri dan domestik, dapat menghasilkan limbah yang mengandung zat-zat kimia bersifat asam, kemudian masuk ke badan sungai melalui aliran permukaan atau saluran pembuangan. Kombinasi dari pengaruh alami dan antropogenik inilah yang menyebabkan kondisi pH air di Sungai Lalan cenderung bersifat asam sepanjang periode pengamatan. Oleh karena itu, penting dilakukan pemantauan secara berkala terhadap parameter kualitas air di sepanjang daerah aliran sungai, guna menjaga kualitas perairan di wilayah penelitian.

2.5. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi pemanfaatan air Sungai Lalan sebagai sumber air irigasi rawa pasang surut D.I.R. Karang Agung Hilir, Sumatera Selatan, dengan memperhitungkan temuan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

2.5.1. Potensi air Sungai Lalan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Lalan memiliki potensi yang signifikan sebagai sumber air irigasi pada saat surut di kawasan rawa pasang surut Karang Agung Hilir dengan ketersediaan air yang relatif stabil dan aksesibilitas yang baik membuatnya menjadi kandidat yang menjanjikan untuk mendukung pertanian di wilayah tersebut.

2.5.2. Kualitas air

Analisis kualitas air menunjukkan bahwa air Sungai Lalan pada saat surut memiliki karakteristik yang sesuai untuk keperluan irigasi tanaman pertanian. Parameter-parameter kualitas air seperti salinitas, pH, dan kandungan nutrisi memenuhi standar yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang sehat, merujuk pada Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan lingkungan Hidup, dimana mutu baku air irigasi masuk dalam kategori kelas IV, yaitu air yang digunakan untuk irigasi pertanian dan sejenisnya dengan nilai EC sebesar 0,18 -1,2 ppt atau 275 – 1.800 $\mu\text{S/cm}$.

2.5.3. Manfaat bagi pertanian

Pemanfaatan air Sungai Lalan untuk irigasi pada saat surut memiliki potensi untuk meningkatkan produktivitas, pengembangan dan keberlanjutan pertanian di kawasan rawa pasang surut Karang Agung Hilir dengan memanfaatkan sumber air lokal yang tersedia, petani dapat mengurangi ketergantungan pada sumber air yang rentan terhadap fluktuasi musiman dan perubahan iklim.

2.5.4. Tantangan dan peluang

Meskipun potensinya yang besar, pemanfaatan air Sungai Lalan juga dihadapkan pada tantangan seperti manajemen air yang efisien, pengendalian salinitas, dan konservasi sumber daya air. Namun, dengan pendekatan yang holistik

dan partisipasi aktif dari berbagai pemangku kepentingan, tantangan ini dapat diatasi untuk mendukung pengembangan pertanian yang berkelanjutan.

2.6. Daftar Pustaka

- Alfayanti A, Mikasari W, Rahman T. 2020. Feasibility of Swamp Rice Farming with New Superior Varieties and Different Planting Systems. *Journal of Suboptimal Lands* 9, 50–56. <https://doi.org/10.33230/jlso.9.1.2020.467>.
- Dumrongrojwatthana P, Wanich K, Trébuil G. 2020. Driving factors and impact of land-use change in a fragile rainfed lowland rice-sugar palm cultural agroforestry system in southern Thailand. *Agroforestry for Sustainable Landscape Management* Volume 15, pages 1317–1335. doi.org/10.1007/s11625-020-00819-5.
- Djaja I, Purwanto P, Sunoko HR. 2018. Evaluation Of Water Quality At River Bian In Merauke Papua. *E3S Web of Conferences*. DOI:10.1051/e3sconf/20183108006.
- FAO (*Food and Agriculture Organization*). 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soil Bulletin 52. Soil Resources Management and Conservation Service Land and Water Development Division.
- Hidayanto M, Fiana Y. 2020. Optimizing New Rice Fields Opened in Tidal Swamps Through Superior Rice Varieties in Bulungan Regency. *Agromet* 35 (2): 89-97, 2021. [doi:10.29244/j.agromet.35.2.89-97](https://doi.org/10.29244/j.agromet.35.2.89-97).
- Imanudin MS, Bakri, Armanto, SAYA, Indra B, Ratmini SNP. 2019. Land and Water Management Options in Tidal Lowland Reclamation Areas to Support Rice Production (*Case Study in the Sugihan Kanan Delta, South Sumatra, Indonesia*). *Journal of Wetland Environmental Management*. 6(2): 93–111. <http://dx.doi.org/10.20527/jwem.v6i2.165>.
- Isari S, Ramfos A, Somarakis S, Koutsikopoulos C, Kallianiotis A, Fragopoulou N. 2006. Mesozooplankton distribution in relation to hydrology of the Northeastern Aegean Sea, Eastern Mediterranean. *Journal of Plankton Research*. DOI:10.1093/plankt/fbi058.
- Karamma R, Pallu M, Thaha M, Hatta M. 2020. Numerical modeling of water mass structure distribution at the estuary Jeneberang River, Makasar. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)* Volume 11. DOI: 10.34218/IJARET.11.5.2020.044.
- Karamma R, Pallu M, Thaha M, Hatta M. 2020. Penjalaran Pasang surut dan difraksi gelombang Pada Muara Sungai Jeneberang (*Jurnal Sipil*) Saint Vol. 10 Nomor 1 - Maret 2020. ISSN : 2088-2076.
- Maricar F, Tahir Lopa R, Hatta M, Maricar M. 2019. Impact of Flow Behavior on Settlements in River Border Areas. <http://pakdosen.unhas.ac.id/storage/dokumen/artikel-1683177711-44>.
- Montazeri AH, Mazaheri M, Morid S, Mosaddeghi MZ. 2022. Effects of upstream activities of Tigris-Euphrates River Basin on water and soil resources of Shatt al-Arab Border River. *Science of The Total Environment*.

<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4194565>.

- Nurmegawati, Yartiwi, I C Siagian, Yesmawati, S Yuliasari and Y Sastro. 2021. The land suitability evaluation of upland rice in the low dryland of Bengkulu Province. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 807 032091. Volume 807. DOI 10.1088/1755-1315/807/3/03209.
- Oklahoma Water Quality Standard (*Chapter 45*) 785: 45-5-13 : Agriculture: Livestock and.
- Putra Hatta M, Akira Tai. 2020. The influence of the water mass structure of the Tallo River and Jeneberang River on Makasar coastal waters. Jurnal Keteknikan dan Sains (*JUTEKS*) – LPPM. Riset Sains Dan Teknologi Kelautan, 3(1), 51-54. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v3i1.13240>.
- Pramono A, Suhardjono, Sholichin M. 2021. Study of the Development of Water Management in the Rawa Petung Area, East Kalimantan Province. Journal of Civil and Environmental Sciences Vol. 4, No.2, pp.173-182, 2021. <https://doi.org/10.21776/ub.civense.2021.00402.7>.
- Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No.20 Tahun 2006 Tentang Irigasi.
- Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Republik Indonesia, Undang-undang No.32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Republik Indonesia, Undang-undang No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air.
- Setiawan A, Wignyosukarto B, Rahardjo A. 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 Conf. Series: Earth and Environmental Science 1091 (2022) 012053 doi:10.1088/1755-1315/1091/1/012053.
- Scofield, F.E, 1936. The Salinity of Irrigation Water. Smith Ann. Rep. 1935: 275-283
- Subagjo H, Widjaja-Adhi IPG. 2022. Opportunities and use of swamp land for agricultural development in Indonesia: the case of South Sumatra and Central Kalimantan. Main Papers of the Regional Conference on Natural Disasters AUN/SEED-Net ke-9 (*RCND 2021*) Konferensi IOP. Seri: Ilmu Bumi dan Lingkungan. IOP doi:10.1088/1755-1315/1091/1/012053.
- Suryana. 2016. Potential and opportunities for developing area-based integrated farming businesses in swamp land. Journal of Agricultural Research and Development 3 5 (2):5 7 - 6 8. D O I: 10.21082/jp3.v35n2.2016.
- Suprianto H, Ravaie E, Irianto SG, Susanto RH, Schultz B, Xaveriur SF, Eelaar AVD. 2010. Land and water management of tidal lowlands: Experiences in Telang and Saleh, South Sumatra. Irrigation and Drainage 59(3): 317–335. DOI: 10.1002/ird.460.
- Xaverius Suryadi F. 2020 Soil and Water Management Strategies for Tidal Lowlands in Indonesia. CRC Press. London, doi.org/10.1201/9780429333231.
- Ziani RG, Miguel JR, Fernanda MR. 2020. Cropping poorly-drained lowland soils: Alternatives to rice monoculture, their challenges and management strategies. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2019.102715>.

