

KAJIAN SEBARAN SALINITAS DENGAN MODEL HEC-RAS DI DAERAH IRIGASI TAMBAK SEI TERAS KALIMANTAN TENGAH

STUDY OF SALINITY DISTRIBUTION USING HEC-RAS MODELS IN THE SEI TERAS FISHPOND IRRIGATION AREA CENTRAL KALIMANTAN

Hanny Adityanta Hermawanto

BWS Kalimantan I Pontianak Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian PUPR
Jl. Ahmad Sood No. 6 Akcaya, Pontianak, Kalimantan Barat

*Correspondent email: hannyadityanta@pu.go.id

Diterima: 15 Februari 2023; Direvisi: 18 Juli 2023; Disetujui: 27 September 2023

ABSTRACT

This study aims to evaluate the distribution of salinity with a mathematical model to enhance advanced aquaculture cultivation. The Sei Teras Fishpond Irrigation Area is one of the aquaculture development areas of the food security program (Food Estate) influenced by tides. Currently, the technology used is simple, and the availability of seeds and feeds depends on nature. The water quality parameters with a specific threshold are needed as an advanced aquaculture requirement to achieve the production level. Vannamei shrimp, as a development commodity, requires a salinity concentration of 15-25 ppt for optimal growth. This study will evaluate the potential of salinity from alternative schemes of introducing gates and normalization against existing conditions using the HEC-RAS program. This program can resolve water quality models with a hydrodynamic simulation procedure through a series of mathematical equations. The simulation results show that the availability of salinity in the two tidal cycles of the spring tide and neap tide could fulfill around 86.7% for 15 days. The normalization has no significant impact on the availability of salinity against existing conditions. The gate influences the longitudinal distribution pattern of salinity. The salinity value above 19 ppt could reach the upstream of the canal up to ± 7 km, while the existing condition could only reach ± 4 km. Therefore, the expected potential of salinity could be achieved.

Keywords: salinity, model simulation, distribution, an alternative scheme

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi sebaran salinitas dengan model matematis dalam upaya meningkatkan teknik budidaya akuakultur maju. Daerah Irigasi Tambak Sei Teras merupakan salah satu wilayah pengembangan budidaya perairan dalam program ketahanan pangan (Food Estate) yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Teknik budidaya saat ini tergolong tradisional dengan benih dari alam. Dalam upaya pengembangan ke level budidaya maju diperlukan parameter kualitas air dengan ambang tertentu agar produksi yang diharapkan dapat tercapai. Udang vaname sebagai komoditas pengembangan membutuhkan konsentrasi salinitas 15-25 ppt untuk tumbuh optimal. Pada kajian ini akan mengevaluasi potensi salinitas dari kondisi eksisting dan beberapa skema alternatif seperti pembangunan pintu air dan normalisasi saluran menggunakan HEC-RAS. Sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan model kualitas air dengan pendekatan simulasi hidrodinamik melalui serangkaian persamaan matematik. Hasil simulasi eksisting menunjukkan bahwa ketersediaan salinitas pada dua siklus pasang surut spring tide dan neap tide dapat memenuhi sekitar 86,7% selama 15 hari pada dua kondisi pasang surut. Normalisasi saluran tidak berdampak signifikan terhadap ketersediaan salinitas dibanding kondisi eksisting. Adanya pintu air berpengaruh terhadap pola sebaran salinitas secara memanjang. Salinitas dengan nilai tinggi diatas 19 ppt dapat menjangkau hulu saluran hingga ± 7 km sedangkan kondisi eksisting hanya mampu terdistribusi ± 4 km. Dengan demikian, potensi salinitas yang diharapkan dapat tercapai.

Kata Kunci: salinitas, simulasi model, distribusi, skema alternatif

PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia mencanangkan Program Peningkatan Penyediaan Pangan Nasional/ *Food Estate* dalam Proyek Strategis Nasional (PSN) 2020-2024 sebagai kelanjutan dari program swasembada pangan (Harruma, 2022). Program *Food Estate* merupakan konsep pengembangan pangan yang dilakukan secara terintegrasi yang berbasis hortikultura, perkebunan, peternakan dan tanaman pangan, di suatu kawasan (Santosa, 2015). Program *Food Estate* adalah salah satu ujung tombak dalam strategi ketahanan pangan di masa pandemik (Dewi Wulandani & Anggraini, 2020).

Wilayah target Program *Food Estate* Kalimantan Tengah berada di kawasan bekas Proyek Pengembangan Lahan Gambut (PLG) Satu Juta Hektar. Proyek PLG ini sendiri telah dimulai pada tahun 1995 berdasarkan Instruksi Presiden tanggal 5 Juni 1995 tentang Ketahanan Pangan dan diikuti oleh Keputusan Presiden Nomor 82 Tahun 1995 tentang Pengembangan Lahan Gambut untuk Pertanian Tanaman Pangan di Provinsi Kalimantan Tengah. Tujuan dari Proyek PLG adalah mengkonversi lahan rawa menjadi lahan pertanian guna mempertahankan swasembada beras. Kawasan proyek PLG terbagi menjadi Blok A, Blok B, Blok C, Blok D dan Blok E. Bekas kawasan Proyek PLG terdiri dari beberapa daerah irigasi yang telah dibangun sejak tahun 1970-an melalui Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) dan hingga saat ini masih dimanfaatkan untuk pertanian dan perikanan (Balai Wilayah Sungai Kalimantan II, 2020).

Salah satu area pengembangan dalam Program *Food Estate* Kalimantan Tengah adalah perikanan air payau di Daerah Irigasi Tambak Sei Teras atau yang disebut DIT Sei Teras. DIT Sei Teras termasuk kawasan Bekas PLG dalam satu hamparan dengan daerah irigasi rawa lainnya seperti DIR Unit Tamban di Blok D. Berdasarkan *rapid assesment* oleh Kementerian PUPR melalui Direktorat irigasi dan Rawa, DIT Sei Teras dipilih karena merupakan tambak rakyat yang dapat ditingkatkan perekonomiannya melalui program *Food Estate*.

Kendala yang dihadapi saat ini adalah pengelolaan dan teknologi budidaya yang digunakan masih sederhana dimana ketersediaan pakan dan benih bergantung pada alam dengan sistem jaringan tradisional. Pada hasil studi sebelumnya, DIT Sei Teras ini mempunyai potensi dikembangkan ke budidaya tingkat lanjut semi-intensif dari segi kualitas air untuk komoditas udang vaname (nama latinnya: *Litopenaeus Vanname*) (Ciptadi *et al.*, 2021). Udang vaname dipilih menjadi komoditas pengembangan karena memiliki beberapa keunggulan dibanding

komoditas udang lainnya seperti kelangsungan hidup pada salinitas yang luas dan memiliki rasa daging yang lebih manis (Kordi, 2008). Dalam upaya pengembangan tersebut ke teknik budidaya tingkat lanjut, diperlukan sarana dan prasarana irigasi yang memadai serta jaringan tata air yang baik.

Pengembangan budidaya tambak di DIT Sei Teras dimulai pada tahun 2006. Pada saat itu masyarakat sekitar menggali saluran untuk mengalirkan air dan membuat petak-petak sederhana secara mandiri. Kemudian pada tahun 2009/2010, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melakukan reklamasi dengan membuat saluran-saluran dan tanggul untuk petak tambak. Kondisi saluran saat ini banyak ditanami semak belukar dan erosi akibat gelombang yang dihasilkan perahu nelayan. Untuk itu, diperlukan perbaikan atau normalisasi saluran. Normalisasi saluran merupakan kegiatan mengembalikan daya tampung dan fungsi saluran akibat sedimentasi dengan cara menggali ke kondisi semula. Jaringan tata air saat ini tergolong sistem terbuka atau tradisional tanpa ada bangunan seperti pintu air.

Sumber air budidaya berasal dari pencampuran air asin dan air tawar. Air asin berasal dari Laut Jawa masuk melewati saluran primer. Saluran primer sendiri terhubung dengan Sungai Teras sebagai sumber air tawar dimana dapat mempengaruhi tingkat konsentrasi salinitas.

Rencana pengembangan DIT Sei Teras ini adalah peningkatan teknologi budidaya perairan tingkat lanjut. Budidaya yang sudah dikembangkan di Indonesia dapat diklasifikasikan menjadi cara ekstensif dan intensif. Cara ekstensif adalah budidaya secara tradisional yang sekarang masih Nodipakai oleh masyarakat umum sedangkan pola intensif menerapkan pola padat tebar, penggunaan pakan yang berkualitas dan suplemen, serta penggunaan kincir. Teknologi budidaya udang dibagi empat kategori yaitu dari sistem budidaya ekstensif, semi intensif, intensif dan super intensif (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2017). Menurut Sukadi (2002) intensitas pembudidayaan dilakukan tahap demi tahap sesuai tingkatannya.

Jenis organisme tambak yang dibudidayakan memang memiliki syarat batas atau toleransi terhadap perubahan fisika dan kimia. Air sebagai tempat hidup bagi udang atau ikan yang dibudidayakan dari segi fisik. Sedangkan dari segi kimia, air merupakan pembawa unsur hara, mineral, vitamin, gas terlarut, dan lain-lain (Khaerudin & Krisnayanti, 2014). Pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup udang yang dibudidayakan sangat terpengaruh oleh salinitas. Konsentrasi salinitas dapat mempengaruhi tekanan



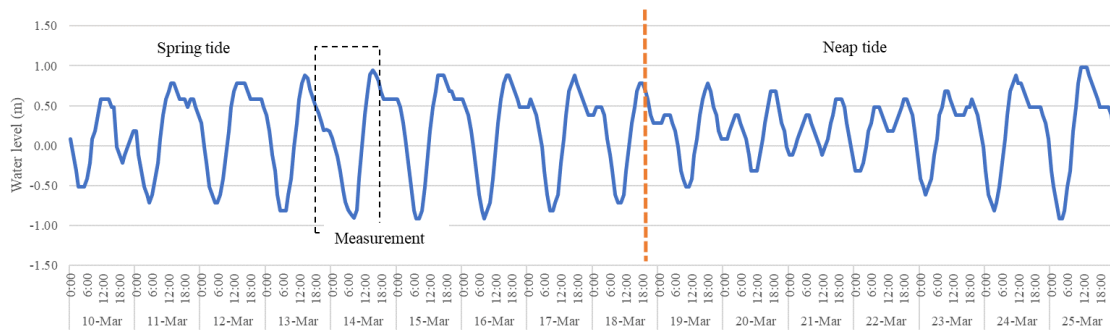
Gambar 1 Peta skema jaringan DIT Sei Teras

osmotik air. Tinggi rendahnya salinitas mempengaruhi osmoregulasi udang. Pada penelitian yang dilakukan oleh Tahe and Nawang (2012), Energi lebih banyak digunakan untuk proses osmoregulasi dibanding untuk tumbuh bila konsentrasi salinitas terlalu tinggi, selain itu udang akan kesulitan ganti kulit sehingga kulit menjadi mengeras. Udang vaname mempunyai ambang batas optimal yang diperlukan untuk tumbuh berkisar pada nilai 15-25 ppt. Salah satu keunggulan yang dimiliki oleh udang vaname adalah mempunyai toleransi yang cukup luas terhadap salinitas. Udang mampu bertahan pada kisaran toleransi 0-35 ppt (Badrudin, 2014). Pada penelitian yang dilakukan oleh Hadi (Hadi *et al.*, 2018) tentang efek cekaman salinitas rendah perairan terhadap kemampuan adaptasi udang vaname menunjukkan bahwa penurunan kadar salinitas yang bertahap dari 2 ppt/hari; 4 ppt/hari; dan 6 ppt/hari mampu membuat sintasan udang bertahan sampai 100%. Sementara penurunan kadar salinitas yang signifikan mulai dari 9 ppt/hari sampai 18 ppt/hari akan membuat udang vaname kurang mampu bertahan hidup. Hal ini ditunjukkan oleh mortalitas sebesar 65% untuk penurunan salinitas 18 ppt/hari dan mortalitas sebesar 35% untuk penurunan salinitas 9 ppt/hari.

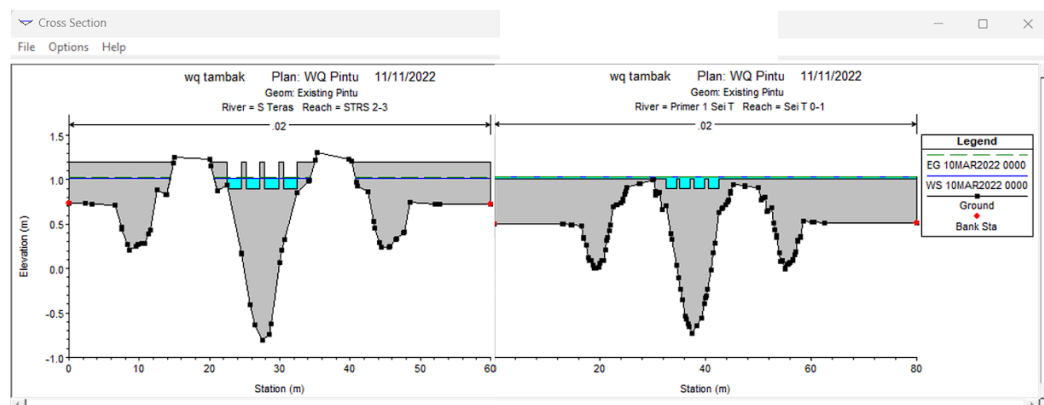
Jaringan tambak yang berlokasi di zona lahan pasang surut dipengaruhi oleh fluktuasi muka air. Untuk memodelkan simulasi aliran di jaringan diselesaikan dengan skema aliran tidak permanen

atau *unsteady flow analysis*. Salah satu program yang dapat digunakan untuk simulasi aliran adalah *HEC-RAS*. Sebuah model yang menirukan fenomena fisik aliran melalui serangkaian persamaan matematik yang menjabarkan hubungan antar variabel-variabel aliran (variabel geometri, kinematik, dinamik) (Brunner & CEIWR-HEC, 2016). *HEC-RAS* adalah model yang telah teruji dengan baik yang terkadang digunakan sebagai tolok ukur untuk membandingkan kinerja perangkat lunak simulasi model hidrodinamik lainnya (Armain *et al.*, 2021). Software ini memiliki komponen pemodelan satu dimensi seperti hitungan profil muka air aliran permanen, simulasi aliran tak permanen hitungan transpor sedimen dan hitungan kualitas air. Kelebihan software ini adalah memakai komponen pemodelan satu dimensi seperti hitungan profil muka air aliran permanen, simulasi aliran tak permanen hitungan transpor sedimen dan hitungan kualitas air menggunakan komponen geometri yang sama dan hitungan hidrolika yang sama (Istiarto, 2019). Ketika hasil simulasi selesai user *HEC-RAS* dapat melanjutkan pemodelan seperti kualitas air menggunakan geometri dan hitungan hidrolika tanpa membuat ulang dari awal.

Tujuan dari studi ini adalah mengevaluasi salinitas dari kondisi eksisting dan beberapa skema alternatif seperti pembangunan pintu air dan normalisasi saluran menggunakan program *HEC-*



Gambar 2 Grafik pasang surut gabungan data pengukuran dan *Tides*



Gambar 3 Profil melintang pintu air di Saluran Sei Teras RS 1825 (sebelah kiri) dan di Saluran Primer Sei Teras RS 6925 (sebelah kanan)

RAS. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kinerja kualitas air dari beberapa titik tinjau. Dari hasil simulasi diharapkan dapat memberikan masukan alternatif skema manajemen tata air yang layak dalam upaya mendukung budidaya tambak berkelanjutan untuk petambak maupun pengelola irigasi.

METODOLOGI

Lokasi Studi

DIT Sei Teras berlokasi di Desa Sei Teras, Kabupaten Kuala Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah. Merupakan wilayah pesisir diantara muara Sungai Barito dan muara Sungai Kahayan. Selain digunakan untuk irigasi tambak, penggunaan lahan diperuntukkan sebagai lahan pertanian, perkebunan kelapa sawit dan pemukiman. Kegiatan budidaya saat ini yang dilakukan oleh para petani tambak tergolong dalam teknologi budidaya tambak ekstensif (tradisional).

DIT Sei Teras terdiri dari dua saluran primer (Saluran Primer Palampai dan Sei Teras), tujuh belas saluran sekunder (tujuh Saluran Sekunder Palampai, tujuh Saluran Sekunder Cemara Labat dan 3 Saluran Sekunder Sei Teras), satu sungai yang terhubung dengan saluran primer, dan satu Saluran

Kolektor Palampai seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Data Penelitian

Data primer dan sekunder digunakan dalam penyelesaian studi ini. Data primer diperoleh dari pengukuran lapangan seperti ketinggian muka air pasang surut, debit sesaat dan kualitas air. Pengukuran menerus kualitas air dan tinggi muka air pasang surut dilakukan pada tanggal 13-14 Maret 2022 bertepatan dengan kondisi *spring tide*. Data ketinggian muka air dicatat dari pengamatan pada papan duga muka air.

Data sekunder berupa peta topografi dan dimensi saluran diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Kalimantan II, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat pada paket Survey Investigasi Desain (SID) Rehabilitasi Dan Peningkatan Jaringan Irigasi Rawa Wilayah Kerja Blok D (Paket 4). Data sekunder pasang surut diambil dari *Tides*. *Tides* adalah aplikasi yang menyediakan data pasang surut di seluruh negara yang berbatasan dengan laut. Data sekunder pasang surut tersebut dikombinasikan dengan hasil pengukuran sebagai representasi siklus pasang surut kondisi pasang purnama (*spring tide*) dan

pasang perbani (*neap tide*). Kombinasi akhir data dimulai pada tanggal 10 – 25 Maret 2022 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Data pasang surut *Tides* telah terverifikasi pada studi di lokasi yang sama oleh (Ciptadi et al., 2022). Sehingga, data pasang surut tersebut digunakan dalam simulasi kualitas air.

Kualitas Air

Fenomena aliran di lahan pasang surut dikategorikan sebagai aliran tidak permanen yang diselesaikan dengan persamaan St Venant yang terdiri dari persamaan kontinuitas dan momentum (Istiarto, 2019). Pemodelan kualitas air pada *HEC-RAS* membutuhkan nilai koefisien penyebaran dari sebuah konstituen. Pendekatan hasil pengukuran lapangan dengan hasil model dilakukan dengan mengubah nilai koefisien penyebaran tersebut sebagai kalibrasi. Penyelesaian dispersi kualitas air pada *HEC-RAS* menggunakan metode *computed value* berdasarkan persamaan Fischer (Brunner & CEIWR-HEC, 2016). Persamaan fischer adalah estimasi dari dispersi aliran geser berdasarkan jumlah komponen hidraulik (kecepatan, lebar saluran, kedalaman dan kemiringan).

$$D = m 0,11 \frac{u^2 w^2}{y u^*} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana:

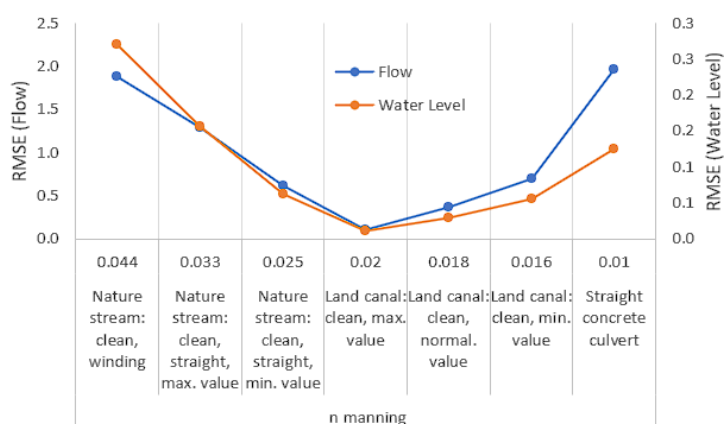
- m : koefisien pengali yang dapat diubah-ubah
- u : kecepatan aliran (m/dt)
- w : lebar saluran rata-rata (m)
- y : kedalaman saluran rata-rata (m)
- u* : kecepatan geser (m/dt)

kecepatan geser diselesaikan dengan persamaan berikut

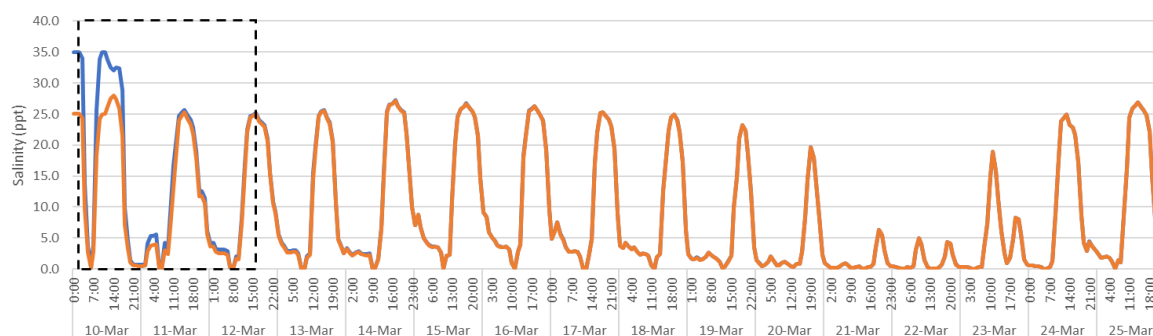
$$u^* = \sqrt{gdS} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana:

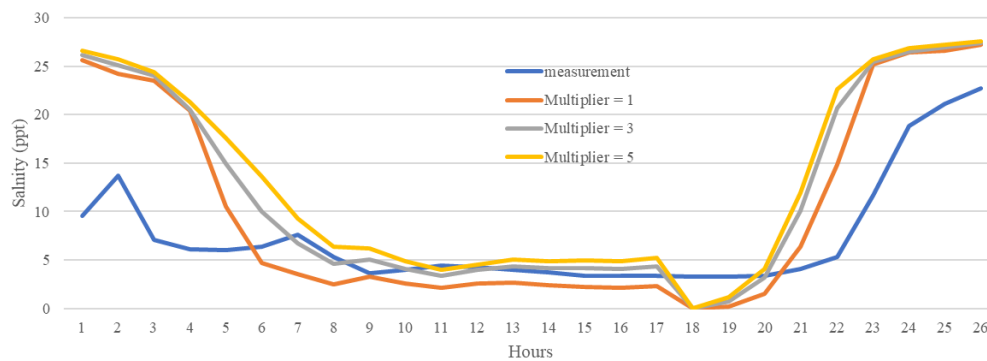
- g : percepatan gravitasi (9,81 m/dt)
- d : kedalaman saluran rata-rata (m)
- S : koefisien kemiringan saluran



Gambar 4 Hasil kalibrasi dari model Tambak Sei Teras.



Gambar 5 Grafik perbandingan distribusi salinitas dengan *initial condition* yang berbeda.



Gambar 6 Grafik perbandingan pendekatan simulasi kualitas air hasil pengukuran dengan peubah faktor pengali dari persamaan Fischer pada RS 5900 (hulu Saluran Primer Palampai 1).

Skenario Desain

Saluran pada DIT Sei Teras termasuk tipe terbuka dengan material tanah berpenampang trapesium. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa tekstur tanah cukup kuat untuk kemiringan saluran 1:1. Kategori saluran yang ada dibedakan menjadi saluran primer dan saluran sekunder. Alternatif skenario pertama adalah normalisasi dengan kedalaman rencana saluran primer sebesar 3m dan saluran sekunder 2m (Balai Wilayah Sungai Kalimantan II, 2020). Normalisasi dilakukan seluruhnya pada semua saluran.

Jaringan Irigasi Tambak Sei Teras bersifat tradisional. Air tawar dan air asin bercampur di saluran secara alami. Air tawar ini sangat berpengaruh terhadap salinitas. Budidaya tambak maju dengan pola intensif memerlukan suplai kualitas air yang berkelanjutan. Seperti halnya ketersediaan salinitas sebesar 15-25 ppt selama pertumbuhan. Salah satu upaya dalam penyediaan tersebut adalah penambahan pintu air pada saluran primer sebagai alternatif skenario kedua dalam kajian ini. Harapan dari penambahan pintu air adalah kontrol terhadap pengaruh air tawar yang masuk ke jaringan. Lokasi pintu air direncanakan di Saluran Sei Teras RS 1825 dan Saluran Primer Sei Teras RS 6925 merujuk pada **Gambar 1** di atas.

Analisis

Tiga skenario desain yang akan dimodelkan adalah kondisi eksisting, normalisasi dan penambahan pintu air. Evaluasi dilakukan terhadap sebaran dan fluktuasi salinitas di jaringan. Geometri saluran dibuat menggunakan *RAS-Mapper*. Peniruan kondisi fisik diawali dengan membuat jaringan pada menu *geometry editor*. Aliran tak permanen dibuat dengan memasukkan syarat batas hulu berupa *flow hydrograph* dan syarat batas hilir berupa elevasi muka air pasang surut. Analisis aliran tak permanen (*unsteady-flow analysis*)

dilakukan dengan komputasi interval menggunakan 1 menit sesuai studi oleh (Hermawanto *et al.*, 2023). Keakuratan hasil pada *routine hydraulic HEC-RAS* ditentukan juga dari interval komputasi. Semakin kecil interval maka hasil semakin akurat. Faktor yang mempengaruhi penggunaan interval adalah representasi naik turunnya hidrograf banjir yang dihitung (Brunner & CEIWR-HEC, 2016). Pada modul kualitas air, syarat batas air tawar sebesar 0 ppt dimasukkan pada hulu saluran dan syarat batas air laut sebesar 30 ppt dimasukkan pada muara saluran. Koefisien pengali yang dapat diubah digunakan nilai 1, 3 dan 5 dalam persamaan Fischer. Tidak ada batasan dengan nilai yang digunakan namun harus positif (Brunner & CEIWR-HEC, 2016).

Batasan studi adalah belum terdapat pola pengaturan pintu. Pintu ditutup secara menerus untuk mengetahui dinamika sebaran salinitas akibat penutupan pintu tersebut. Potongan melintang dari rencana pintu air ditunjukkan oleh **Gambar 3** dengan model pintu sorong yang terdiri dari 4 lubang pintu dengan lebar masing-masing 2m dan ketinggian puncak atau ambang pada kurang lebih +0.9m.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Kualitas Air

Koefisien kekasaran *n Manning* diubah-ubah hingga mendekati nilai terdekat antara hasil pengukuran dan hasil simulasi untuk memperoleh model yang mempresentasikan kondisi lapangan. Hasil model aliran *Unsteady Flow* dari variasi nilai koefisien *n Manning* dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan metode *Root Mean Square Error (RMSE)*. Variasi nilai *n Manning* berdasarkan (Chow, 2009). Hasil kalibrasi tersebut ditunjukkan oleh **Gambar 4**. Metode RMSE merupakan salah satu kriteria tingkat akurasi yang dapat digunakan dalam pemodelan (Goel, 2011). Model prediksi dikatakan paling baik jika nilai RMSE mendekati nol.



Gambar 7 Hasil simulasi distribusi salinitas di beberapa titik tinjau kondisi eksisting.

RMSE merupakan akar dari kuadrat simpangan dibagi dengan jumlah data. Nilai ' n ' Manning 0,02 merupakan varian terkecil dari faktor kesalahan metode RMSE yang mendekati nilai nol. Sehingga, model dengan nilai n Manning 0,02 adalah model yang paling baik.

Skenario model kualitas air dilakukan dengan simulasi saat pasang purnama (*spring tide*) dan pasang perbani (*neap tide*). Langkah awal dalam mensimulasi model kualitas air eksisting adalah dengan memasukkan faktor *initial condition* yang disingkat IC dan faktor pengali (m) dalam persamaan Fischer. *HEC-RAS* memerlukan setidaknya satu nilai *initial condition* untuk setiap parameter kualitas air. Studi ini mensimulasikan salinitas sebagai parameter kualitas air. Masing-masing nilai IC yang digunakan adalah 35 ppt sebagai sampel salinitas laut dan 25 ppt sebagai sampel air yang diambil di muara. Nilai IC ini menggambarkan kondisi awal suatu konstituen yang tidak perlu dikalibrasi nilainya. Hasil perbandingan penggunaan IC yang berbeda ditunjukkan oleh **Gambar 5**. Nilai faktor pengali (m) yang digunakan berturut-turut adalah 1, 3, dan

5. Batas bawah dan batas atas faktor pengali tersebut ditentukan oleh pengguna *HEC-RAS* dengan nilai harus positif (Brunner & CEIWR-HEC, 2016). Hasil perbandingan penggunaan nilai faktor pengali (m) yang berbeda ditunjukkan oleh **Gambar 6**.

Berdasarkan **Gambar 5** terjadi perbedaan hasil simulasi dari tanggal 10 Maret 2022 sampai dengan 12 Maret 2022. Hal tersebut ditandai dengan garis biru (nilai IC 35) dan oranye (nilai IC 25) yang tidak berhimpit satu sama lain. Kemudian, dua garis tersebut berhimpit dari tanggal 13 Maret 2022 sampai akhir simulasi tanggal 25 Maret 2022. Dapat dikatakan bahwa penggunaan nilai IC yang berbeda akan memberikan hasil model distribusi kualitas air yang sama. Kesimpulan lain yang diperoleh yaitu pemodelan kualitas air pada *HEC-RAS* memerlukan tahap simulasi awal (*warming up simulation*) minimal 3 hari sebelumnya sampai pada akhirnya hasil simulasi akan stabil. Seperti kasus pada studi ini dimana data kualitas air yang ditinjau pada tanggal 13-14 Maret 2022. Sehingga, dari studi ini pengguna *HEC-RAS* disarankan untuk memperpanjang data syarat batas seperti pasang

surut di kasus yang lain. Hasil simulasi menunjukkan juga bahwa variasi nilai penyebaran konstituen tidak dipengaruhi oleh faktor nilai IC sehingga tidak perlu dikalibrasi.

Langkah kedua yaitu pendekatan kalibrasi model kualitas air. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengukuran dan hasil simulasi dari peubah faktor pengali kemudian dicari nilai simpangan yang terkecil dengan metode RMSE seperti model aliran. Nilai faktor pengali yang digunakan seperti yang disebutkan sebelumnya diatas yaitu 1, 3 dan 5. Nilai ini mempresentasikan penyebaran suatu konstituen dalam suatu pias saluran. Lokasi pengukuran menerus salinitas berada di RS 5900 (hulu Saluran Primer Palampai 1) selanjutnya digunakan sebagai data primer salinitas. Hasil perbandingan simulasi kualitas air dengan hasil pengukuran ditunjukkan oleh **Gambar 6**. Model yang paling mendekati dengan hasil pengukuran adalah faktor pengali dengan nilai 3. Hasil perhitungan simpangan metode RMSE dapat dilihat pada **Tabel 1** dengan nilai simpangan paling kecil 0,78 untuk faktor pengali (m) sebesar 3. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa model

prediksi yang paling baik jika nilai RMSE mendekati 0.

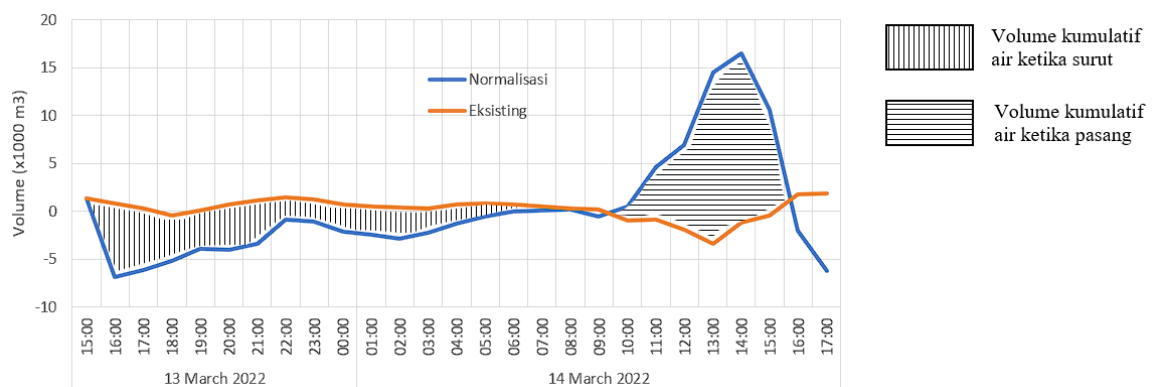
Tabel 1 Nilai RMSE dari perbandingan hasil pengukuran dan simulasi untuk beberapa faktor pegali

Faktor Pengali (m)	RMSE
1	1,96
3	0,78
5	1,43

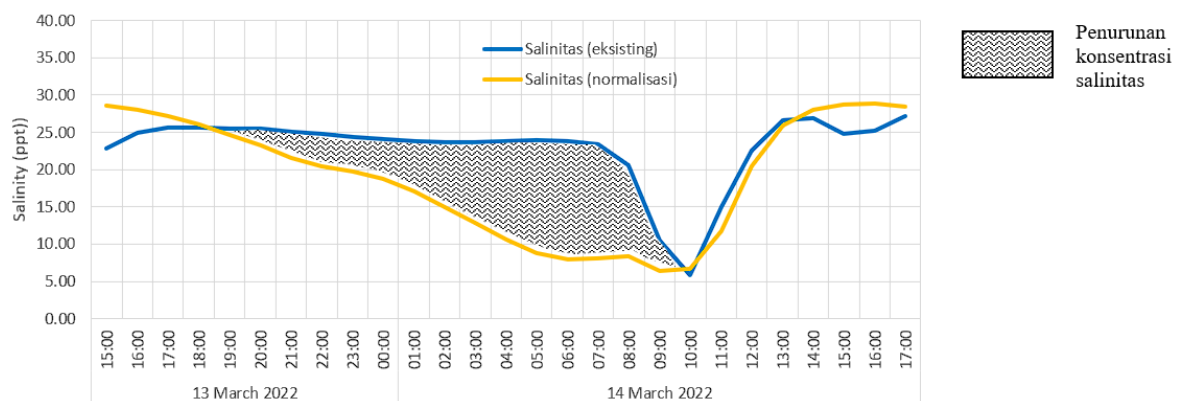
Model akhir kualitas air yang digunakan sebagai acuan dalam merepresentasikan kondisi eksisting lapangan adalah dengan nilai IC sebesar 25 ppt dan nilai faktor pengali penyebaran dari sebuah konstituen (salinitas) sebesar 3.

Kondisi Eksisting

Titik tinjau fluktuasi salinitas kondisi eksisting berada di saluran Primer Palampai 1 RS 5900 (ST 01), saluran Sekunder Palampai 10 RS 500 (ST 02) dan saluran Sekunder 3 Sei Teras RS 2500 (ST 03) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**. Hasil



Gambar 8 Perbandingan volume kumulatif air kondisi normalisasi ketika surut dan pasang dibanding kondisi eksisting di RS 100 Saluran Sekunder Palampai 8.



Gambar 9 Perbandingan salinitas di RS 100 saluran Sekunder 8 Palampai pada kondisi normalisasi dibanding eksisting.

simulasi menunjukkan bahwa ketersediaan salinitas pada beberapa titik tinjau dapat memenuhi sekitar 86,7%. Salinitas air laut dibawa masuk ke saluran dengan energi pasang. Fluktuasi salinitas di RS 5900 ST 01 dan RS 500 ST 02 dipengaruhi oleh suplai air tawar yang bersumber dari saluran di hulu. Ketika surut, air di saluran keluar menuju muara dibarengi dengan air tawar. Perbedaan nilai salinitas nampak signifikan di ST 01 dan ST 02. Namun, berbeda kondisi di titik tinjau RS2500 ST 03 dimana tidak terpengaruh langsung dengan sumber air tawar sehingga fluktuasi salinitas tidak nampak signifikan. Ketersediaan salinitas di saluran kurang memenuhi terjadi pada tanggal 21 – 22 Maret 2022. Fenomena salinitas rendah pada tanggal tersebut terjadi bersamaan ketika tunggang pasang kecil. Fenomena ini dampak dari siklus tunggang pasang rendah yang terjadi 2 kali dalam sebulan pada daerah irigasi tambak air payau Sei Teras (Hermawanto *et al.*, 2023).

Salinitas merupakan salah satu parameter kualitas air yang dibutuhkan oleh organisme budidaya untuk hidup. Kebutuhan metabolisme dipengaruhi oleh salinitas air dalam masa pertumbuhan. Pertumbuhan optimal udang vaname berkisar diantara 15 – 25 ppt (Badrudin, 2014). Nilai salinitas tersebut harus terjaga di kolam tambak sehingga diperlukan suplai salinitas dari saluran setiap hari. Jika nilai salinitas dibawah atau diatas ambang pertumbuhan maka perkembangan tidak sempurna dan hasil produksi yang diharapkan tidak tercapai (Kordi, 2010). Hasil simulasi dapat digunakan sebagai acuan oleh petambak dalam menentukan waktu pengisian air ke petak tambak. Selain itu, dengan mengetahui siklus pasang surut dimana dalam 14 hari terjadi 2 hari salinitas rendah maka petambak dapat mempergunakan untuk pemeliharaan kolam.

Keterjangkauan suplai salinitas ditunjukkan juga oleh **Gambar 7**. Pada gambar tersebut ketika air pasang, salinitas dapat menjangkau hingga hulu saluran Primer Palampai 1. Fluktuasi salinitas maksimum sebesar 27.4 ppt dan minimum sebesar

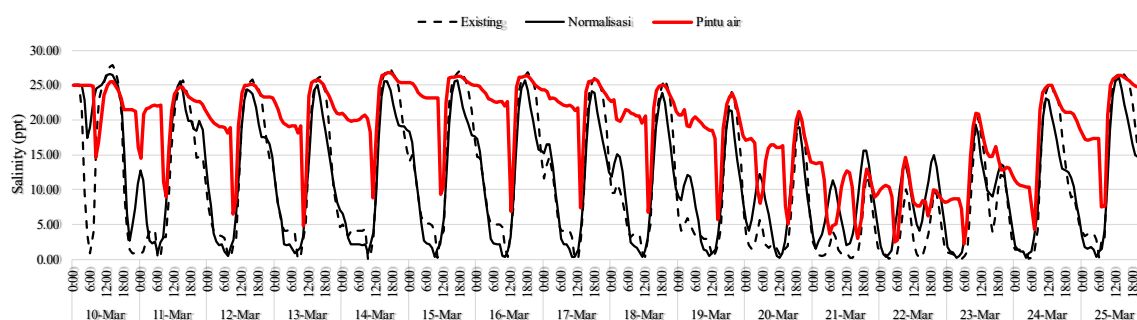
0 ppt. Fluktuasi ini dapat dijelaskan sebagai pengaruh besar kecilnya kecepatan aliran air tawar yang melewati titik tinjau tersebut. Mengetahui keterjangkauan salinitas di jaringan digunakan untuk memetakan komoditas budidaya yang sesuai. Jika suplai salinitas tidak memenuhi komoditas tertentu seperti udang vaname, maka dapat diganti dengan budidaya lain seperti ikan bandeng yang membutuhkan kisaran salinitas rendah.

Normalisasi

Skema alternatif pengembangan DIT Sei Teras salah satunya adalah normalisasi. Skenario normalisasi berdampak pada peningkatan volume tampungan dari kapasitas saluran baru dimana rata-rata 57,18% lebih besar dari kapasitas yang sudah ada. **Gambar 8** merupakan perbandingan volume kumulatif air kondisi normalisasi ketika pasang dan surut selama 27 jam di RS 100 Saluran Sekunder Palampai 8 dibanding kondisi eksisting.

Hasil simulasi model normalisasi menyumbang peningkatan debit sebagai indikator perbaikan kinerja saluran. Perbaikan kinerja saluran yang meningkat sebesar 52,20%. Kinerja saluran memberikan dampak juga terhadap peningkatan kapasitas tampung sebesar 38,72%. Kombinasi pintu air dan meningkatnya kapasitas tampung saluran ini berkontribusi dalam pengembangan sistem irigasi teknis yang akan diusulkan. Jumlah kumulatif air ketika surut meningkat sebesar 52.7×10^3 m³ dan ketika pasang sebesar 49.86×10^3 m³. Selain itu, Peningkatan kapasitas tampung ini tentunya baik untuk pengembangan budidaya tambak maju dengan pola intensif yang memerlukan kedalaman kolam 0.8 – 1.0 m mengacu pada (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2017) dibanding tambak budidaya dengan sistem sederhana. Serta penggantian air pemeliharaan yang disyaratkan dalam SNI 10-7246-2006 tentang Produksi Udang Vaname di Tambak.

Peningkatan kinerja saluran berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi salinitas. Peningkatan ini jika ditinjau dari segi suplai salinitas tentunya



Gambar 10 Hasil perbandingan simulasi distribusi salinitas kondisi eksisting, normalisasi dan pintu air di RS 5900 (hulu Saluran Primer Palampai 1).

kurang baik. Ketika surut, model normalisasi saluran membawa air tawar yang lebih banyak ke saluran. Hal ini beresiko menurunkan konsentrasi salinitas lebih cepat sedangkan yang diharapkan adalah bertahannya salinitas tinggi di saluran. Salinitas tinggi diperlukan petambak untuk mengganti air di petak setiap hari. **Gambar 9** merupakan perbandingan konsentrasi salinitas pada kondisi normalisasi dibanding kondisi eksisting pada rentang waktu 27 jam pasang surut harian di RS 100 saluran Sekunder Palampai 8. Berdasarkan gambar tersebut daerah yang diarsir adalah selisih konsentrasi salinitas. Hal ini bisa dijelaskan sebagai bentuk penurunan konsentrasi salinitas terhadap penambahan volume di saluran.

Peningkatan kinerja kapasitas ini baik ketika tambak dengan budidaya intensif dengan pola padat tebar memerlukan penggantian air. Dampak negatif dari pola padat tebar adalah penurunan pH air dengan cepat dan peningkatan limbah metabolik (Nur, 2011).

Penambahan Pintu Air

Aliran air dari hulu sebagian besar berbelok ke arah saluran kolektor dan sebagian melimpas diatas pintu akibat pengaruh penempatan pintu di Saluran Sei Teras RS 1825 dan di Saluran Primer Sei Teras RS 6925 seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 9**. Kondisi jaringan tanpa pintu lebih bersifat tawar ke payau yang ditandai dengan warna biru ke hijau muda. Debit sungai air tawar terbagi melewati 3 saluran utama dan debit meningkat ketika surut mempengaruhi tingkat salinitas jaringan. Salinitas dapat dapat menjangkau hingga ± 7 km dari muara dengan rentang kurang lebih 19 ppt sedangkan kondisi eksisting hanya mampu terdistribusi ± 4 km untuk Saluran Primer Sei Teras dan ± 5 km untuk Saluran Primer Palampai 1 akibat pengaruh penempatan pintu. Nilai salinitas tersebut masih dalam ambang batas pertumbuhan optimal udang vaname dan ini bagus tentunya karena simulasi dapat menunjukkan potensi pengembangan budidaya tambak maju dengan pola intensif.

Evaluasi Skenario

Evaluasi didasarkan pada kebutuhan salinitas pertumbuhan udang vaname. Udang vaname yang menjadi pilihan pengembangan pada tulisan ini memiliki syarat batas salinitas sebesar 15-25 ppt. Hasil perbandingan dari salinitas pada kondisi eksisting, normalisasi dan pintu air pada RS 5900 Saluran Primer Palampai 1 ditunjukkan oleh **Gambar 10**. Berdasarkan gambar tersebut hasil perbandingan salinitas pada dua fase pasang purnama dan pasang perbani pada skenario kondisi normalisasi dengan kondisi eksisting tidak jauh berbeda. Simulasi kualitas air menggunakan persamaan *Fischer* dengan komponen kecepatan

aliran, lebar rata-rata, kedalaman dan kecepatan geser. Sehingga Skenario normalisasi dengan pendalaman dan pelebaran tidak terlalu berpengaruh terhadap dispersi dari sebuah unsur.

Dari **Gambar 10** distribusi salinitas akan efektif dengan skenario penempatan pintu pada sumber air tawar. Rata-rata nilai salinitas terendah masih diatas kondisi normalisasi dan eksisting. Rekapitulasi Nilai salinitas kondisi pasang purnama dan pasang perbani dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Nilai salinitas hasil simulasi pada kondisi pasang purnama (*spring tide*) dan pasang perbani (*neap tide*)

Pasang surut	Skenario	Salinitas (ppt)	
		Max	min
Purnama	Eksisting	27,41	0,00
	Normalisasi	25,70	0,39
	Pintu air	26,82	8,77
Perbani	Eksisting	11,95	0,12
	Normalisasi	15,62	0,33
	Pintu air	14,61	2,49

KESIMPULAN

Simulasi konsentrasi salinitas kondisi eksisting kurang memadai pada periode *neap tide* tanggal 21-22 Maret 2022 yaitu berfluktuasi dari 0 – 15 ppt. Selama 15 hari dari tanggal 10 – 25 Maret 2022 ketersediaan salinitas dapat memenuhi sekitar 86,7% pada dua kondisi pasang surut. Peningkatan kinerja saluran baru sebesar 52,20% memberikan dampak peningkatan kapasitas tampung sebesar 38,72%. Peningkatan kinerja kapasitas tampung berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi salinitas di saluran. Kapasitas normalisasi saluran yang besar membawa air tawar yang lebih banyak ke saluran tersebut baik untuk budidaya intensif dengan pola padat tebar untuk mempercepat pergantian air hasil limbah metabolik udang. Namun, kurang baik ketika salinitas yang tinggi dibutuhkan untuk suplai pertumbuhan udang. Pintu air berpengaruh terhadap pola sebaran salinitas sepanjang saluran. Salinitas dengan nilai tinggi diatas 19 ppt dapat menjangkau hulu saluran hingga ± 7 km untuk Saluran Primer Palampai 1 dan Saluran Primer Sei Teras sedangkan kondisi eksisting hanya mampu terdistribusi ± 4 km untuk Saluran Primer Sei Teras dan ± 5 km untuk Saluran Primer Palampai 1.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Badan Pengembangan

Sumber Daya Manusia yang memberikan beasiswa terhadap penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak Balai Wilayah Sungai Kalimantan II yang memberikan dukungan atas ketersediaan data dan rekan Balai Wilayah Sungai Kalimantan I yang telah memberikan dukungan yang luar biasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Armain, M. Z. S., Hassan', Z., Mohd Remy Rozainy, M. A. Z., & Kamarudzaman, A. N. (2021). Hydrodynamic modelling of historical flood event using one dimensional HEC-RAS in Kelantan basin, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 920(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/920/1/012031>
- Badrudin. (2014). BMP Budidaya Udang Vannamei Tambak Semi Intensif dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 22, 1–22. www.wwf.or.id
- Balai Wilayah Sungai Kalimantan II. (2020). *Laporan Akhir Survey dan Investigasi Design (SID) Rehabilitasi dan Peningkatan Jaringan Irigasi Rawa Wilayah Kerja Blok A*.
- Brunner, G. W., & CEIWR-HEC. (2016). HEC-RAS River Analysis System: User Manual 1D and 2D Version 5.0. *US Army Corps of Engineers, February*, 1–790. www.hec.usace.army.mil
- Chow, V. Te. (2009). *Open-channel Hydraulics McGraw-Hill civil engineering series* (illustrate). Blackburn Press.
- Ciptadi, R., Rahardjo, A. P., & Kamulyan, B. (2021). Evaluation and Enhancement of Sustainable Organic Fishpond Farming in the Sei Teras Fishpond Irrigation Area, Central Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/930/1/012009>
- Ciptadi, R., Rahardjo, A. P., & Kamulyan, B. (2022). Finding an Optimal Use of Flood Waters For Leaching of Pond Waters in Channel Networks , Case Study of Sei Teras Fishpond Irrigation Area , Central Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1091, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1091/1/012023>
- Dewi Wulandani, B. R., & Anggraini, W. (2020). Food Estate Sebagai Ketahanan Pangan Di Tengah Pandemi Covid-19 Di Desa Wanasaba. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(1), 386. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i1.3062>
- Goel, A. (2011). ANN-Based Approach for Predicting Rating Curve of an Indian River. *ISRN Civil Engineering*, 2011, 1–4. <https://doi.org/10.5402/2011/291370>
- Hadi, F. R., Riyantini, I., Subhan, U., & Ihsan, Y. N. (2018). Efek Cekaman Salinitas Rendah Cekaman Salinitas Rendah Perairan Terhadap Kemampuan Adaptasi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 9(2), 72–79.
- Harruma, I. (2022). *Daftar Proyek Strategis Nasional 2020-2024*. <https://nasional.kompas.com/read/2022/02/16/04000021/daftar-proyek-strategis-nasional-2020-2024>
- Hermawanto, H. A., Rahardjo, A. P., & Kamulyan, B. (2023). Water management model of Sei Teras fishpond irrigation area in the Central Kalimantan food estate program. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1200(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1200/1/012023>
- Istiarto. (2019). *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Model Hidrodinamika HEC-RAS* (Issue 2).
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2017). Pedoman Umum Pembesaran Udang Windu (*Penaeus monodon*) dan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). In *Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 75/PERMEN-KP/2016* (Issue 8).
- Khaerudin, D. N., & Krisnayanti, D. S. (2014). The Application of Mixer Channel for Fish Pond Irrigation System. *Jurnal Irigasi*, 9(1), 41. <https://doi.org/10.31028/ji.v9.i1.41-50>
- Kordi, K. M. G. . (2008). *Budidaya Perairan* (I). PT. Citra Aditya Bakti.
- Kordi, K. M. G. . (2010). *Budidaya Udang Laut*. Lily Publisher.
- Nur, A. (2011). Manajemen Pemeliharaan Udang Vanamei. *Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara*.
- Santosa, E. (2015). Percepatan Pengembangan Food Estate Untuk Meningkatkan Ketahanan Dan Kemandirian Pangan Nasional. *Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan*, 1(2), 80. <https://doi.org/10.20957/jkebijakan.v1i2.10290>
- Sukadi, M. F. (2002). Peningkatkan Teknologi Budidaya Perikanan (The Improvement Of Fish Culture Technology). *Jurnal Ikhtologi Indonesia*, 2(2), 61–66.

Tahe, S., & Nawang, A. (2012). Respon yuwana udang vanname (Litopenaeus vannamei) pada tingkat salinitas berbeda. *Prosiding Indoaqua-Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, 77–84.