

Analisis Sedimen Suspensi di Area Irigasi Pasang Surut dengan SMS AQUAVEO 10.1

Analysis of Suspended Sediment in Tidal Irrigation Areas Using SMS AQUAVEO 10.1

Syakur Adhi Tyasmoro, Puji Harsanto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Lahan rawa merupakan lahan yang berpotensi untuk pertanian. Namun pirit yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terkandung di dalam tanahnya. Pembuatan sistem irigasi harus diupayakan untuk membuang pirit dari lahan dengan pasang surut air laut. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sebaran pirit yang berada pada sistem irigasi akibat pengaruh pasang surut air laut. Penelitian tersebut dilakukan dengan meninjau saluran primer pada sistem irigasi menggunakan program pemodelan numerik untuk mensimulasi penyebaran konsentrasi pirit sebagai sedimen tersuspensi pada aliran air. Hasil simulasi menunjukkan pengaruh pasang surut air laut mengakibatkan senyawa pirit hanya terakumulasi di dalam saluran, sehingga pirit tidak terbuang dari lahan. Desain saluran primer terlalu panjang untuk membuang air yang mengandung pirit. Program pemodelan numerik dapat digunakan pada penelitian ini untuk mensimulasikan kasus tersebut.

Kata-kata kunci : pirit, sedimen suspensi, pasang surut, sistem irigasi, simulasi pemodelan numerik.

Abstract. Swampland is a potential land for agriculture. But pyrite that could cause environmental pollution was contained in the soil. The construction of irrigation system should be applied to leach out pyrite from the field by tidal flushing. This research aims to investigate pyrite distribution in irrigation system based on tidal behavior. It was done by reviewing the primary canal in the irrigation system using numerical modeling software to simulate the distribution of pyrite concentration as suspended sediment in the water flow. From the results showed that effect of tidal behavior was accumulating pyrite in the canal, so pyrite could be leached out from field. Design of primary canal was too long to drain water that contains pyrite. Numerical modeling software could be used in this research to simulate this case.

Keywords : pyrite, suspended sediment, tidal, irrigation system, numerical modeling simulation.

1. Pendahuluan

Lahan rawa merupakan lahan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai lahan produktif bagi sektor pertanian untuk mewujudkan kedaulatan pangan. Pemerintah pada era orde baru telah melakukan proyek reklamasi lahan rawa yang dikenal sebagai Proyek Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar yang salah satunya berada di daerah Kalimantan. Proyek reklamasi lahan gambut ini dinilai gagal karena tidak memperhatikan penataan ruang yang baik terhadap kelestarian lingkungan dan kaidah pembangunan saluran sehingga menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan (Mawardi, 2007). Menurut Anda, dkk. (2009) pembukaan lahan pertanian dan perkebunan pada lahan rawa menyebabkan tereksposnya lapisan tanah yang mengandung pirit.

Bahan sulfidik yang disebut senyawa pirit (FeS_2) akan teroksidasi apabila kontak dengan udara dan menyebabkan pemasaman tanah. Johnston, dkk. (2014), melakukan penelitian tata kelola air dengan mengaliri air pada lahan yang kering sehingga menjaga senyawa pirit tetap berada di bawah muka air untuk mencegah proses oksidasi. Muka air pada saluran irigasi harus didesain untuk selalu berada di atas lapisan pirit sehingga pirit dapat terlarut di dalam air. Penelitian yang dilakukan oleh Anda dan Subardja, (2013) telah menunjukkan bahwa pengaruh pasang surut air laut mampu membuang pirit dari saluran irigasi.

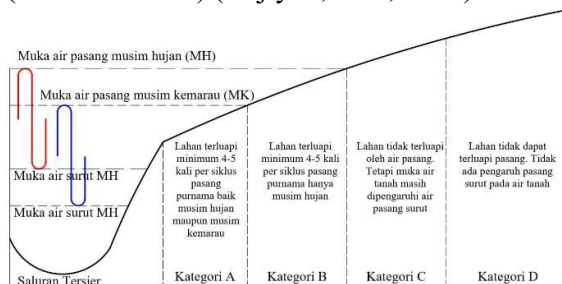
Riduan dan Utomo, (2016) melakukan penelitian menggunakan simulasi secara numerik tentang pola pergerakan aliran air untuk menganalisis akumulasi pirit sebagai

bahan toksik yang tersuspensi pada saluran. Penelitian tersebut menganalisis efektifitas dari saluran drainasi pada sistem irigasi yang digunakan dalam proses pencucian lahan dari pirit. Penelitian lainnya dilakukan oleh (Kim, dkk., 2011) dalam menganalisis penyebaran polutan yang tersuspensi dalam sirkulasi air dengan pemodelan numerik dan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan radioisotop. Pemodelan dapat dilakukan secara efektif dengan parameter-parameter yang mendukung untuk simulasi kondisi daerah tinjauan

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis pengaruh gejala pasang surut air laut terhadap pembuangan bahan sulfidik (pirit) dalam saluran. Sistem irigasi yang diterapkan pada lahan pertanian rawa sebagai sarana pengontrol pembuangan bahan sulfidik (pirit) dalam proses pencucian lahan. Program SMS AQUAVEO 10.1 digunakan untuk memodelkan aliran air dan sebaran senyawa pirit sebagai sedimen tersuspensi pada suatu sistem saluran. Penelitian ini dilakukan dalam rangka meninjau pengelolaan air yang tepat sebagai upaya rehabilitasi jaringan irigasi untuk mengatasi permasalahan lingkungan dalam pengembangan lahan pertanian rawa.

2. Karakteristik Lahan Rawa

Lahan rawa merupakan lahan yang memiliki genangan yang relatif dangkal. Menurut Subagio (2006) tipologi lahan rawa dapat dibedakan berdasarkan lokasinya yaitu rawa lebak dan rawa pasang surut. Letak rawa lebak biasanya berada di tengah pulau jauh dari laut sehingga hanya dipengaruhi kekuatan arus sungai saja. Sedangkan rawa pasang surut tidak hanya dipengaruhi oleh arus sungai namun juga dari kekuatan arus pasang dari laut dengan beberapa pembagian berdasarkan tipe luapan (lihat Gambar 1) (Najiyati, dkk., 2005).



Gambar 1 Bentuk tipe luapan lahan rawa pasang surut (Najiyati, et al., 2005)

Lahan rawa memiliki tanah bergambut yang terkandung Pirit (FeS_2) terutama pada lahan rawa pasang surut. Senyawa ini berada di zona endapan marin (laut) yang terbentuk dari material endapan tanaman-tanaman yang telah mati dan terpengaruh oleh air (Brock, dkk., 2006). Menurut Shamshuddin dkk., (2004) senyawa pirit akan teroksidasi oleh oksigen (O_2) dan air (H_2O) sehingga membentuk asam sulfat (SO_4) yang mengakibatkan pemasaman tanah dan terbebasnya ion H^+ . Kandungan ion H^+ yang terlalu banyak di dalam tanah dapat merusak struktur mineral seperti (Ca, Mg, K dan Na) dan terbebasnya ion-ion Al^{3+} yang bersifat toksis terhadap tanaman (Shahid dkk., 2014).

Oksidasi pirit dapat dicegah dengan mengaliri air pada lahan persawahan. Akan tetapi jika air dalam keadaan tergenang di dalam saluran menyebabkan akumulasi pirit yang tersuspensi dalam aliran menjadi semakin banyak yang akan berdampak buruk pada lingkungan (Karimian, dkk., 2017). Senyawa pirit yang tersuspensi dalam aliran dapat diatasi untuk memperbaiki kualitas air dengan sistem irigasi yang memadai. Menurut Imanudin, dkk., (2017) pola aliran harus didesain agar mampu melakukan proses pencucian dan pembilasan lahan dalam rangka membuang senyawa tersebut dan tergantikan oleh air yang bersih setiap saat.

3. Pengelolaan Keairan Lahan Rawa

Menurut Nazemi dkk., (2012) sistem tata air dimaksudkan untuk memperlancar aliran air masuk dan keluar lahan pertanian sehingga terjadi pencucian lahan dari bahan sulfidik dan mendukung pola tanam yang memadai. Adapun beberapa sistem tata kelola air yang biasanya diterapkan di lahan rawa, antara lain adalah sistem handil, sistem satu arah, dan sistem garpu.

Sistem handil merupakan sistem yang sudah lama dikembangkan sejak dulu oleh petani lahan rawa dengan membuat beberapa parit untuk mengalirkan air dari sungai. Pemanfaatan saluran pada handil dapat berfungsi sebagai saluran irigasi pada saat pasang dan saluran drainase pada saat surut. Kelemahannya adalah pada kondisi pasang, air drainasi yang mengandung bahan sulfidik yang

mengarah ke sungai bercampur dengan air pasang dari sungai yang arahnya berkebalikan sehingga senyawa-senyawa tersebut akan terakumulasi di dalam saluran. Sedangkan pada kondisi surut, beberapa lokasi yang tidak mendapat suplai air akan mengalami kekeringan akan tidak adanya suplai air dari sungai. Petani setempat membuat tabat di bagian hilir handil untuk mencegah kekeringan pada kondisi surut

Sistem aliran satu arah ini bermaksud untuk menyatukan saluran irigasi dan drainase dengan alasan menghemat biaya. Sistem satu arah diperuntukkan pada lahan yang kurang mendapat pengaruh pasang air laut terutama pada musim kemarau (Nazemi, dkk., 2012). Namun dengan penerapan sistem ini senyawa beracun hasil pencucian lahan tidak terdrainasi dengan tuntas dan justru menyebar ke lahan lain. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan memberikan pintu otomatis pada bagian hulu saluran tersier dan pintu *stop log* pada bagian hilir saluran tersier yang dapat membuang air drainase keluar saluran namun air pasang tidak dapat masuk.

Sistem ini mirip dengan sistem handil yaitu membuat beberapa parit untuk mengalirkan air dari sungai menuju area pertanian. Sistem ini menyerupai garpu karena Saluran primer, sekunder dan tersiernya dibuat saling tegak lurus. Penerapan sistem ini dimaksudkan agar memperlancar pola aliran agar selalu bergerak dan air yang masam dapat tercuci dengan baik. Namun pada kenyataannya belum semua air asam tersebut keluar sehingga perlu dibuatkan kolam pasang yang dibatasi oleh pintu-pintu otomatis (*flapgates*) pada ujung-ujungnya. Penerapan kolam ini dengan maksud agar kumpulan air asam dapat terdorong sampai ke sungai sehingga proses

pencucian lahan akan terjadi (Darmawani, dkk., 2017)

4. SMS AQUAVEO 10.1

Menurut Wardhani (2012), simulasi numerik dapat menggambarkan keadaan nyata dari suatu kondisi apabila terdapat parameter-parameter yang memadai dan diperlukannya validasi data berdasarkan data lapangan yang ada. SMS AQUAVEO 10.1 merupakan salah satu program simulasi yang biasa dipakai di bidang hidraulika. Program ini mempunyai model-model dua dimensi berbasis elemen hingga yang berbeda fungsinya satu dengan lainnya. Terdapat fasilitas *film loop* yang mampu melakukan pembacaan informasi dari output running dalam bentuk tampilan video pergerakan aliran. Model yang digunakan dalam penelitian tentang kajian distribusi senyawa polutan tersuspensi dalam aliran air adalah RMA2 dan RMA4.

RMA2 (*Resource Management Associates*) merupakan model hidrodinamik secara dua dimensi yang digunakan untuk simulasi pergerakan aliran. Model ini dapat melakukan perhitungan elevasi muka air dan kedalaman rata-rata suatu aliran untuk daerah subkritik dan aliran permukaan bebas. Selain itu, RMA2 dapat menganalisis pola pergerakan aliran yang ditujukan oleh besarnya kecepatan baik perhitungan secara vektor maupun skalar. Vektor kecepatan aliran tersebut ditampilkan secara horizontal tanpa mempertimbangkan kedalaman. Menurut Kim dkk. (2011) analisis yang digunakan dalam model ini menggunakan Persamaan Momentum arah x (lihat persamaan 1) dan arah y (lihat persamaan 2) dan Persamaan Kontinuitas yang didapat dilihat pada persamaan 3.

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{p} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gun^2}{\left(1,486h^{\frac{1}{6}}\right)^2} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} - \delta v_a^2 \cos \phi - 2hv\omega \sin \phi = 0 \quad (1)$$

$$h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{p} \left(E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{gvn^2}{\left(1,486h^{\frac{1}{6}}\right)^2} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} - \delta v_a^2 \sin \phi - 2hu\omega \sin \phi = 0 \quad (2)$$

(3)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0$$

Dimana h adalah kedalaman, u dan v merupakan kecepatan dengan arah x dan y pada grafik kartesian, ρ adalah densitas (rapat massa) dari fluida, E adalah koefisien eddy viskositas, g adalah percepatan gravitasi, n adalah angka kekasaran manning, δ adalah koefisien pergeseran oleh angin, v_a adalah kecepatan angin, ϕ adalah arah angin, ω adalah gerak rotasi bumi, dan ϕ adalah latitude lokal.

Sedangkan RMA4 adalah model yang digunakan untuk menganalisis kualitas air dilihat dari penyebaran konsentrasi senyawa sebagai sedimen tersuspensi dalam aliran dengan asumsi kedalaman alirannya dianggap seragam. Output yang dikeluarkan adalah sebaran konsentrasi (dalam ppm) berdasarkan waktu. Perhitungan untuk model dua dimensi ini menggunakan persamaan adveksi-dispersi yang dapat dilihat persamaan 4.

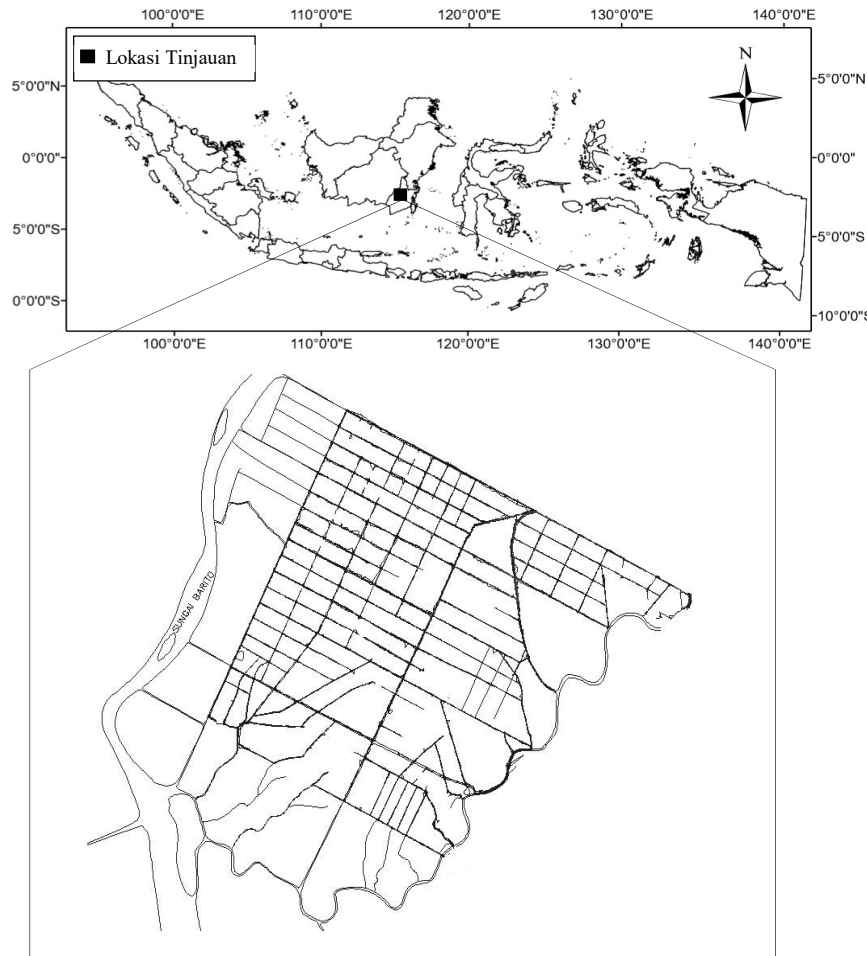
$$h \left(\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} D_L \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} D_T \frac{\partial c}{\partial y} - \sigma + kc + \frac{R(c)}{h} \right) = 0 \quad (4)$$

Dimana c adalah konsentrasi, h adalah kedalaman, u dan v merupakan kecepatan dengan arah x dan y pada grafik kartesian, D_L dan D_T adalah koefisien dispersi arah x dan y , k adalah laju pertambahan dari polutan, σ adalah *local source* sumber polutan, $R(c)$ adalah curah hujan atau evaporasi.

5. Metode Penelitian

Lokasi

Lokasi Penelitian merupakan lahan pertanian yang berada di Desa Handil Bakti, Kecamatan Alalak, Kabupaten Barito Kuala, Provinsi Kalimantan Selatan. Lahan pertanian yang ditinjau memiliki luas area $\pm 69,784$ Ha dengan suplai air dari Sungai Barito dan Sungai Puntik. Saluran Irigasi terhubung diantara kedua sungai tersebut dengan panjang sungai Barito sebagai saluran utama sebesar $\pm 42,3$ km,



dan panjang sungai Puntik sebesar $\pm 27,46$ km, (Lihat Gambar 2).

Gambar 2 Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari beberapa sumber antara lain:

- a. Lokasi benchmark, gambar teknis, dokumentasi lokasi, dan data pasut surut pada tanggal 12 Februari 2016 sampai 11 Maret 2016 diperoleh dari PT. Supraharmonia Consultindo pada Proyek DED Rehabilitas Daerah Irigasi Rawa Handil Bakti, Kabupaten Barito Kuala.
- b. Debit yang diinputkan dari hulu sungai didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh Salmani, dkk. (2013) menggunakan metode NRECA untuk analisis ketersediaan air daerah aliran Sungai Barito bagian hulu. Debit pada Sungai Barito sebesar $349,853 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit sungai Puntik sebesar $29,873 \text{ m}^3/\text{s}$.
- c. Distribusi kandungan pirit diperoleh dari Somif Borneo Perkasa dalam investigasi tanah di lokasi tinjauan pada Proyek DED Rehabilitas Daerah Irigasi Rawa Handil Bakti, Kabupaten Barito Kuala.

Simulasi SMS AQUAVEO 10.1

Pengaturan Awal

Tahap awal pemodelan dimulai dari proyeksi model yang diatur berdasarkan sistem koordinat terhadap perekaman muka bumi. Daerah tinjauan pada penelitian ini berada di daerah Kalimantan Selatan sehingga digunakan sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) pada Zona 49 WGS84 dengan satuan meter.

Diskritisasi Model

Diskritisasi model numerik dilakukan dengan membagi elemen menjadi bagian yang lebih kecil untuk keperluan analisis metode elemen hingga. Pemodelan dari data lokasi tinjauan yang diperoleh melalui *google maps* maupun *layout* gambar teknis yang sudah ada

dengan menginput *mesh* node dan bentuk elemen-elemen *mesh*. Selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap koordinat dari *Benchmark* yang diikat minimal tiga titik yang tersebar di beberapa lokasi.

Input data debit pada hulu sungai dan data pasang surut pada hilir sungai sebagai *boundary condition* dan parameter-parameter lainnya seperti input nilai kekasaran angka *manning* dan *eddy viscosity*. Proses simulasi dilakukan dengan memperhatikan interval waktu data dalam simulasi yang digunakan. Hasil simulasi berupa data *water surface elevation*, *velocity*, *water depth*, *constituent* (nilai konsentrasi polutan). Hasil simulasi dapat ditampilkan dalam bentuk tabel yang terlebih dahulu dilakukan pengambilan data (*gauging*) dengan membuat beberapa titik tinjauan (*observation*).

Kalibrasi Model

Kalibrasi model diperlukan terhadap parameter-parameter yang dimasukkan dalam simulasi dengan meninjau beberapa titik tinjauan pada model (*gauging*) (Sujatmoko, 2010). Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil model dengan data hasil lapangan (data sekunder) menggunakan perhitungan simpangan nilai RMSE (*root-mean-square-error*). Perubahan parameter-parameter data dilakukan agar nilai RMSE mendekati nol.

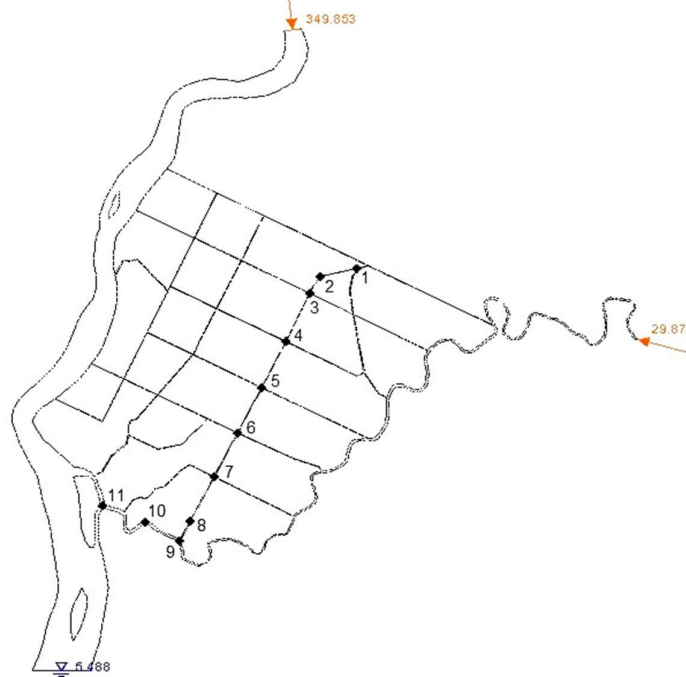
6. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Pasang terhadap Sebaran Pirit

Simulasi yang dilakukan pada kondisi eksisting lahan ditinjau dari beberapa titik tinjauan. Tinjauan dimulai dari hulu saluran primer sampai ke muara dan dilanjutkan dari muara saluran ke hilir sungai puntik (lihat Gambar 3). Data yang diambil pada kondisi pasang tanggal 23 Februari Pukul 18.00 dan kondisi surut tanggal 24 Februari Pukul 12.00. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh

Kim, dkk., (2011) dengan menggunakan program simulasi hidraulika dua dimensi, hasil analisis dapat disajikan dengan melakukan tinjauan di beberapa jarak tinjauan. Pola

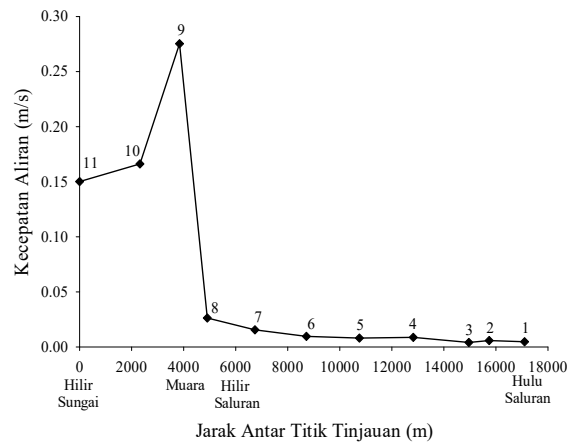
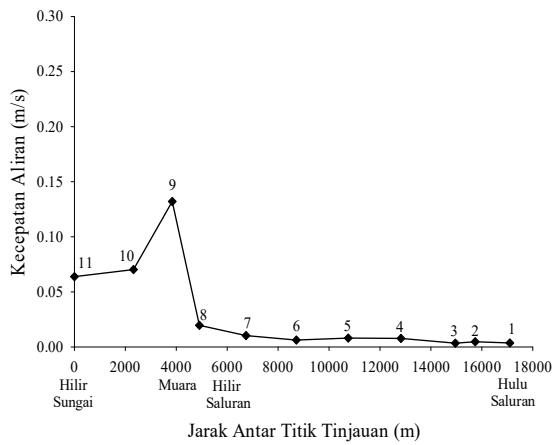
distribusi konsentrasi pirit ini dapat dianalisis dengan melihat perbedaan nilai perhitungan pada tiap jarak tertentu.



Gambar 3 Penempatan titik tinjauan simulasi

Hasil simulasi pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa kecepatan pada saluran sangat lambat dibandingkan dengan kecepatan di sungai. Hal ini menyebabkan perbedaan energi aliran yang cukup besar antara sungai dan saluran primer. Pada Gambar 4 ditampilkan grafik kecepatan aliran dari titik tinjauan 1 di hulu saluran primer sampai ke titik tinjauan 8 di hilir saluran primer dengan kecepatan yang seragam. Sedangkan kecepatan aliran meningkatkan pesat pada titik tinjauan 9 yang berlokasi di muara pertemuan sungai puntik dan saluran sampai titik tinjauan 11 di hilir sungai puntik. Pengaruh pasang surut alir laut

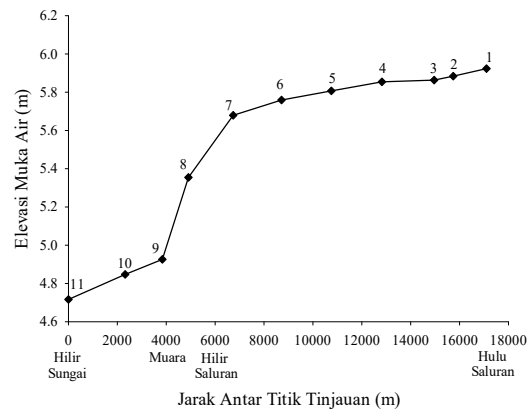
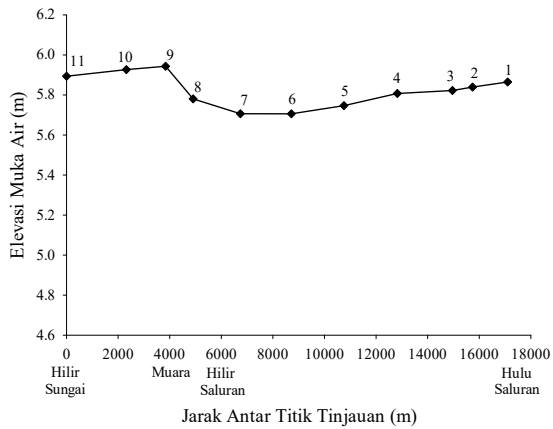
juga tidak terlalu kuat di daerah saluran primer. Perbedaan kecepatan pada saat pasang dan surut hanya terjadi di bagian sungai saja (titik tinjauan 9 sampai 11). Ketinggian muka air di saluran primer juga tidak terlalu jika dibandingkan dalam keadaan pasang dan surut (lihat Gambar 5). Perbedaan muka air yang cukup besar di bagian sungai puntiknya. Saat pasang tiba, muka air pada sungai puntik mengalami kenaikan sehingga memungkinkan air pasang masuk ke dalam lahan. Sedangkan pada saat surut muka air di sungai tersebut turun namun tidak diikuti dengan menurunnya muka air pada saluran.



(a)

(b)

Gambar 4 Kecepatan aliran pada lahan eksisting: (a) kondisi pasang; (b) kondisi surut



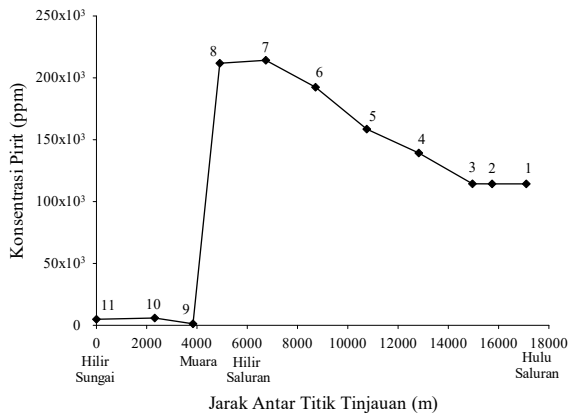
(a)

(b)

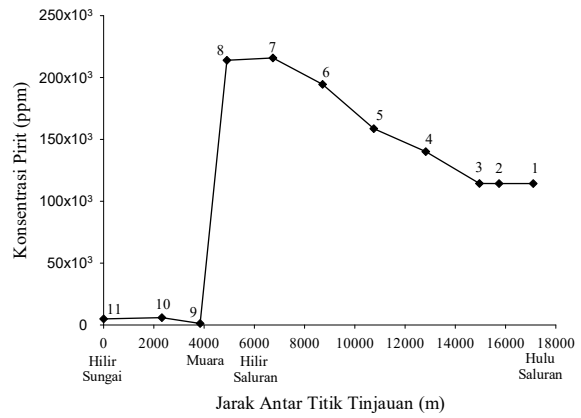
Gambar 5 Muka air pada lahan eksisting; (a) kondisi pasang; (b) kondisi surut

Pergerakan aliran yang lambat pada saluran primer ini terjadi pada saat pasang maupun surut berdampak pada terakumulasi senyawa pirit yang tersuspensi di dalam aliran air saluran primer dan tidak sepenuhnya terbuang ke sungai baik pada kondisi pasang

maupun surut. Pada Gambar 6 ditampilkan nilai konsentrasi pirit yang terbesar di titik tinjauan 8 yang berada di hilir saluran primer dekat muara pertemuan saluran primer dan sungai puntik.



(a)



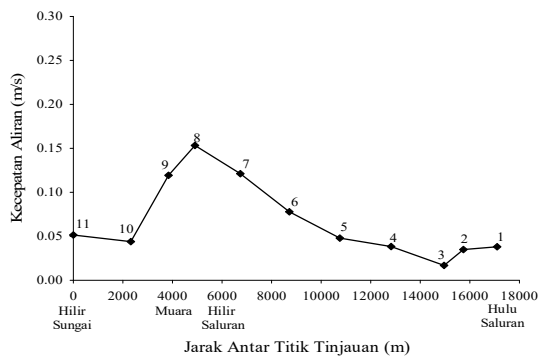
(b)

Gambar 6 Konsentrasi pirit pada saluran eksisting; (a) kondisi pasang; (b) kondisi surut

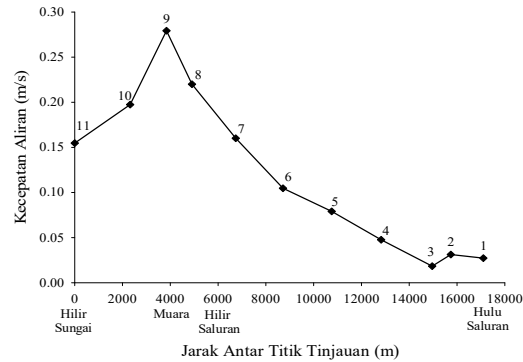
Pasang surut air laut tidak terlalu berpengaruh pada pola aliran di saluran primer eksisting sehingga dilakukan langkah perbaikan saluran dengan menormalisasi. Setelah dinormalisasi, saluran primer dengan peningkatan kecepatan dari hulu ke hilir saluran dan pola aliran yang sudah bolak balik akibat pengaruh pasang surut (lihat Gambar 7). Pengaruh pasang surut air laut juga sudah terjadi pada saluran primer seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8 dimana muka air pada saluran yang cenderung seragam saat pasang dengan pola aliran dari hilir saluran menuju ke hulu saluran dan menurun dari hulu ke hilir saat surut dengan pola aliran yang sebaliknya. Perubahan kondisi pasang dan surut

hanya terjadi pada titik tinjauan 6 sampai 11. Titik tinjauan 1 sampai 5 hanya mengalami perubahan yang sedikit pada muka airnya.

Hasil simulasi konsentrasi pirit pada kondisi normalisasi menunjukkan konsentrasi pirit tetap terakumulasi di dekat muara dengan kadar yang semakin meningkat dari hulu ke hilir (lihat Gambar 9). Pirit hanya mengumpulkan di saluran primer dan tidak terbang. Sejatinya menurut Anda dan Subardja, (2013) pengaruh fluktuasi pasang surut air laut yang terjadi setiap terjadi seharusnya mampu digunakan untuk membuang pirit dengan saluran yang memadai.

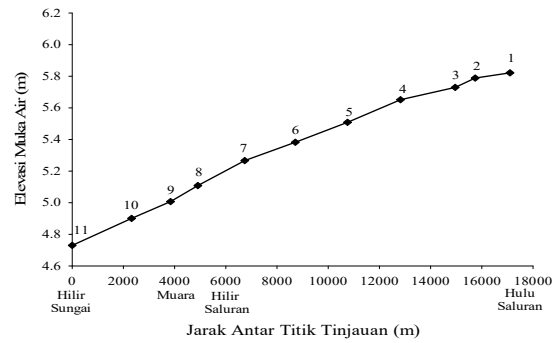
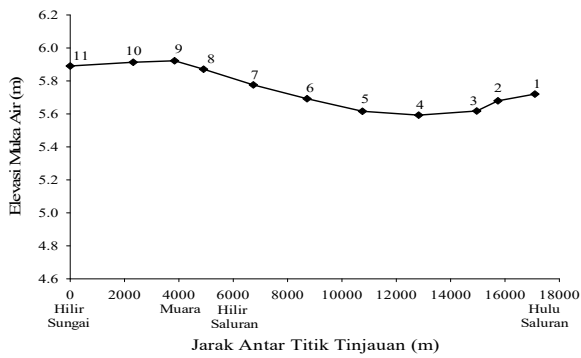


(a)



(b)

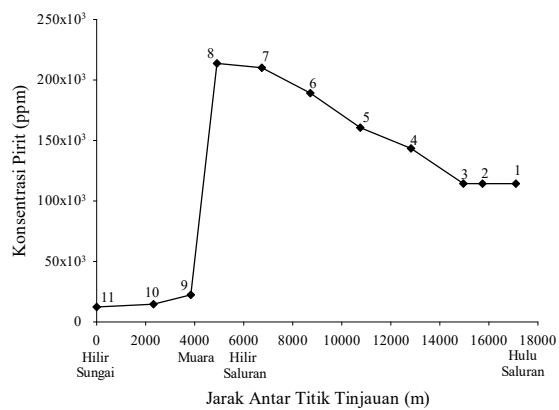
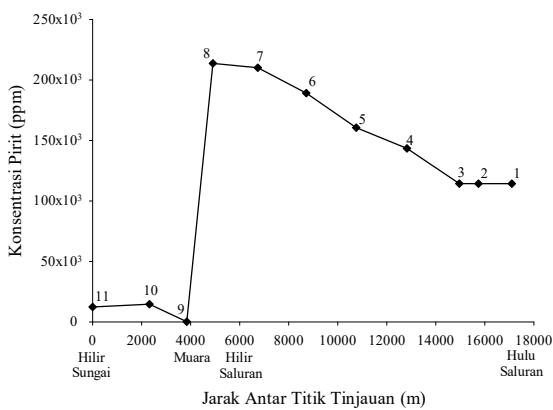
Gambar 7 Kecepatan Aliran pada lahan normalisasi; (a) kondisi pasang; (b) kondisi surut



(a)

(b)

Gambar 8 Muka air pada lahan normalisasi; (a) kondisi pasang; (b) kondisi surut



(a)

(b)

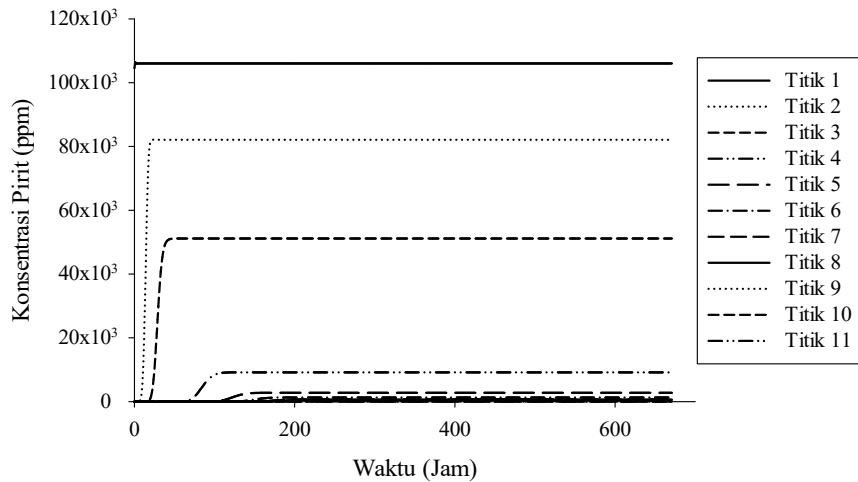
Gambar 9 Konsentrasi pirit pada lahan normalisasi; (a) kondisi pasang; (b) kondisi surut

Normalisasi saluran tidak dapat menyelesaikan masalah pembuangan pirit dari saluran primer. Hasil simulasi tersebut menunjukkan saat surut air dari kecepatan aliran sungai terlalu deras dibandingkan dengan kecepatan aliran di saluran sehingga konsentrasi pirit seolah terbenyung di dalam aliran.

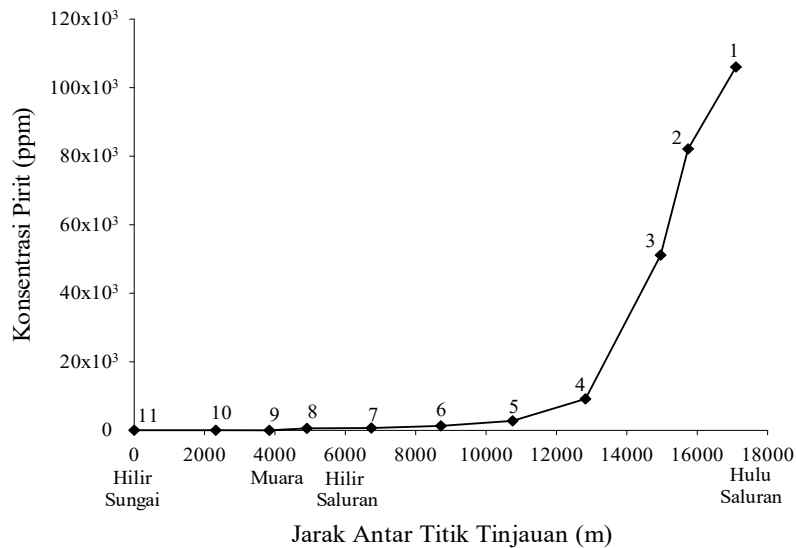
Sedangkan pada kondisi pasang, air yang datang dari sungai justru menyebabkan konsentrasi pirit kembali ke dalam saluran. Kondisi pasang surut juga hanya berpengaruh pada saluran primer bagian hulu dan kecepatan aliran di bagian hulu saluran sangat lambat sehingga konsentrasi pirit di bagian ini tidak mampu terbuang menuju sungai.

Sebaran Pirit pada Saluran Primer

Konsentrasi pirit yang hanya diinputkan pada titik tinjauan 1 saja dipakai untuk mengetahui transportasi pirit pada titik tinjauan terjauh (lihat Gambar 10). Hasil simulasi menunjukkan bahwa penyebaran pirit dari titik tinjauan 1 di bagian hulu saluran primer menuju hilir saluran primer hanya terjadi sampai ke titik tinjauan 5. Pada Gambar 11 ditampilkan nilai konsentrasi pirit yang diinputkan pada titik tinjauan 1 hanya dapat tersebar sampai pada jarak 6 km dari hulu sedangkan panjang total saluran primer sampai 13 km. Sedangkan pengaruh air pasang pada kondisi normalisasi hanya terjadi sampai ke titik tinjauan 6 dari muara saluran primer dan justru membawa aliran air dengan pirit yang tersuspensi.



Gambar 10 Konsentrasi pirit dari titik tinjauan 1 berdasarkan waktu (jam)



Gambar 11 Konsentrasi pirit dari titik tinjauan 1 berdasarkan jarak (m)

Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa proses pencucian lahan terhadap pirit tidak berjalan secara sempurna karena saluran terlalu panjang. Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Riduan dan Utomo, (2016) dimana air pasang tidak mampu menuju ke saluran yang paling dalam karena desain saluran yang terlalu panjang sehingga proses pencucian bahan toksik tidak sempurna. Dalam keadaan surut aliran yang membawa suspensi pirit yang mengarah ke sungai tidak mampu membawa pirit tersebut menuju muara. Sedangkan pada kondisi pasang air tidak dapat menjangkau seluruh saluran. Jika saluran primer terlalu panjang maka tidak efektif untuk melakukan pencucian lahan meskipun sudah dilakukan normalisasi. Saluran perlu didesain

ulang agar pasang surut air laut dapat mempengaruhi pola aliran untuk proses pencucian lahan.

7. Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan yang bisa diambil antara lain:

- a. Pasang surut air laut tidak berpengaruh banyak terhadap pembuangan bahan sulfidik (pirit) dalam saluran di lahan pertanian rawa karena saat surut air dari kecepatan aliran sungai terlalu deras dibandingkan dengan kecepatan aliran di saluran sehingga konsentrasi pirit seolah

- terbendung di dalam aliran sedangkan air pasang yang datang justru menyebabkan konsentrasi pirit kembali ke dalam saluran.
- b. Saluran primer pada sistem irigasi tidak berfungsi baik dalam melakukan proses pencucian lahan terhadap senyawa pirit karena desain saluran yang terlalu panjang yang tidak mampu membawa air pasang sampai ke hulu saluran primer sedangkan saat surut pirit yang suspensi tidak mampu terbawa aliran sampai menuju sungai sebelum pasang kembali datang.
 - c. Simulasi menggunakan program SMS AQUAVEO 10.1 mampu menganalisis tentang penyebaran konsentrasi pirit sebagai sedimen tersuspensi dalam aliran
- ## 8. Daftar Pustaka
- Anda, M., Siswanto, A. B., dan Subandiono, R. E. 2009. Properties of organic and acid sulfate soils and water of a “reclaimed” tidal backswamp in Central Kalimantan, Indonesia. *Geoderma*, 149(1–2), 54–65.
- Anda, M., dan Subardja, D. 2013. Assessing soil properties and tidal behaviors as a strategy to avoid environmental degradation in developing new paddy fields in tidal areas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 181, 90–100.
- Brock, F., Parkes, R. J., dan Briggs, D. E. G. 2006. Experimental Pyrite Formation Associated With Decay of Plant Material. *Palaios*, 21(5), 499–506.
- Darmawani, Fahrurrazi, Norhadi, A., dan Setiyo. 2017. Perencanaan pintu otomatis saluran tersier. *Poros Teknik*, 9(1), 27–35.
- Imanudin, M. S., Priatna, S. J., Wildayana, E., dan Armanto, M. E. 2017. Variability of Ground Water Table and Some Soil Chemical Carachteristic on Tertiary Block of Tidal Lowland Agriculture South Sumatera Indonesia. *Sains Tanah*, 14(1), 7–17.
- Johnston, S. G., Burton, E. D., Aaso, T., dan Tuckerman, G. 2014. Sulfur, iron and carbon cycling following hydrological restoration of acidic freshwater wetlands. *Chemical Geology*, 371, 9–26.
- Karimian, N., Johnston, S. G., dan Burton, E. D. 2017. Effect of cyclic redox oscillations on water quality in freshwater acid sulfate soil wetlands. *Science of the Total Environment*, 581–582, 314–327.
- Kim, K.-C., Park, G.-H., Jung, S.-H., Lee, J.-L., dan Suh, K.-S. 2011. Analysis on the characteristics of a pollutant dispersion in river environment. *Annals of Nuclear Energy*, 38(2–3), 232–237.
- Mawardi, I. 2007. Rehabilitasi dan Revitalisasi Eks Proyek Pengembangan Lahan Gambut di Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(3), 287–297.
- Najiyati, S., Muslihat, L., dan Suryadiputra, I. N. N., 2005, *Panduan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan*, Bogor: Wetland International.
- Nazemi, D., Hairani, A., dan Nurita. 2012. Optimalisasi Pemanfaatan Lahan Rawa Pasang Surut Melalui Pengelolaan Lahan dan Komoditas. *Agrovigor*, 5(1), 52–57.
- Riduan, R., dan Utomo, B. 2016. Penyusunan model numerik pergerakan bahan toksik di. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 51–61.
- Ritung, S., Husen, E., Agus, F., dan Nursyamsi, D. 2015. *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia (2015th ed.)*. Bogor: IAARD Press Balitbang Pertanian.
- Salmani, Fakhurrazi, dan Wahyudi, M. 2013. Analisa Ketersediaan Air Daerah Aliran Sungai Barito Hulu Dengan Menggunakan Debit Hasil Perhitungan Metode Nreca. *Jurnal INTEKNA*, 2(1), 114–118.
- Shahid, M., Nayak, A. K., Shukla, A. K., Tripathi, R., Kumar, A., Raja, R., ... Dash, D. (2014). Mitigation of Iron Toxicity and Iron, Zinc, and Manganese Nutrition of Wetland Rice Cultivars (*Oryza sativa* L.) Grown in Iron-Toxic Soil. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 42(11), 1604–1609.
- Shamshuddin, J., Muhrizal, S., Fauziah, I., dan Van Ranst, E. 2004. A Laboratory Study of Pyrite Oxidation in Acid Sulfate Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(1–2), 117–129.
- Subagjo, H., 2006, *Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa*, Bogor: Balai

- Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sujatmoko, B. 2010. Simulasi Rekayasa Alur Sungai dengan Krib Untuk Mereduksi Intrusi Air Asin di Sungai yang Dipengaruhi Pasang Surut. *Teknobiologi*, 1(1), 85–100.
- Wardhani, M. K. 2012. Formulasi Model Matematik 1 Dimensi Untuk Sebaran Polutan Di Estuaria. *Jurnal Kelautan*, 5(2), 175–181.