

Dampak Perubahan Muka Air Laut pada Daerah Rawa dengan Irigasi Pasang Surut: Pemodelan Daerah Rawa Tabunganen

Impact of Sea Level Changes on Swampy Area using Tidal Irrigation: Modelling of Tabunganen Swampy Areas

Indra Setya Putra^{1*} dan Haryo Istianto²

¹ Peneliti pada Balai Rawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum, Jl. Gatot Subroto No. 6, Banjarmasin 70235.

² Staf pada Balai Rawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum Jl. Gatot Subroto No. 6, Banjarmasin 70235.

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 21 April 2014

Disetujui: 11 Juni 2014

Kata kunci:

Kenaikan muka air laut

Tabunganen

Hidro-topografi

Rawa Pasang surut

Keywords:

Sea level rise

Tabunganen

Hydrotopography

Tidal Lowland

Abstrak. Kenaikan muka air laut disebabkan oleh perubahan iklim menyebabkan perubahan kelas hidrotopografi di Daerah Rawa (DR) Tabunganen yang merupakan daerah pertanian, terutama tanaman padi, dengan pasang surut sebagai sumber irigasi. Hidro-topografi merupakan dasar dari penentuan kesesuaian lahan dan juga perencanaan irigasi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pola perubahan dari hidro-topografi akibat kenaikan muka air laut, sehingga dapat dilakukan antisipasi atau penyesuaian terhadap pengelolaan sumber daya air. Untuk membangun peta hidro-topografi, penelitian menggunakan kombinasi antara model matematik HEC RAS dan Arc GIS. Selain kondisi hidro-topografi yang ada sekarang, juga diskenariokan untuk 10, 25 dan 50 tahun ke depan dengan kenaikan muka air laut rata-rata sebesar 4,6 mm th⁻¹ berdasarkan hasil kajian dari NOAA. Pada tahun 2011, hidro-topografi kelas C mendominasi lahan dengan luas sebesar 2.101 ha (52%) dan pada 50 th ke depan menyusut menjadi hanya 692 ha (19%) saja. Sementara kelas A bertambah luasannya dari 1.175 ha (37%) menjadi 2.689 ha (73%). Dampak perubahan iklim dalam hal ini kenaikan muka air laut berpengaruh signifikan terhadap rawa pasang surut Tabunganen. Kecenderungan ke depan akan lebih banyak lahan yang dapat teririgasi air pasang sehingga perlu mempertimbangkan tindakan drainase.

Abstract. Sea level rise due to climate change causes change of hydro-topography classes at swampy areas of Tabunganen which are agricultural area, especially paddys using tidal force as a source of irrigation. Hydro-topography constitutes as a starting point of land suitability and irrigation planning. The objective of research is to analyse the changes of hydro-topography patterns attributed to sea level rise, in order to anticipate water management and adaptive action. To Build hydro-topography map, this study used combination of numerical modelling HEC RAS and Arc GIS. In addition to the current hydro-topography condition, the scenarios were made for the next 10, 25 and 50 years with average sea level rise about 4,6 mm yr⁻¹ based on the study of NOAA. In 2011, hydro-topography class C dominated the areas with 2,101 ha (52%) and in the next 50 years it will decrease to only 692 ha (19%). Meanwhile Class A will increase from 1,175 ha (37%) to 2,689 ha (73%). The impact of climate change as referred to sea level rise has significant effect on tidal swampy areas in Tabunganen. For the future, there is a tendency for more areas to be irrigated by tidal water, hence the implementation of drainage needs to be considered.

Pendahuluan

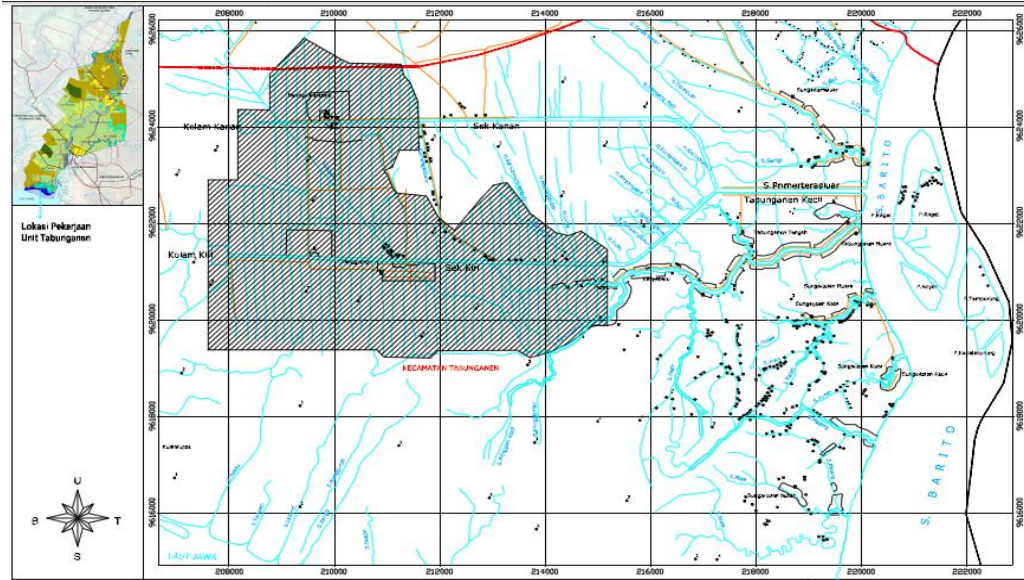
Rawa merupakan area yang tergenang oleh air dan biasanya terletak di dekat pantai atau di sekitar sungai. Genangan air di rawa umumnya disebabkan oleh air pasang atau air hujan yang tidak mampu terdrainase keluar. Rawa yang mempunyai karakteristik geografi dan kondisi hidro-topografi tersendiri dan dipengaruhi oleh pasang vertikal air laut disebut dengan rawa pasang surut (*tidal lowland*) (Suryadi 1996). Luas rawa yang ada di Indonesia adalah sekitar 33,40 - 39,4 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Lahan tersebut

* Corresponding author: qmbut@yahoo.com

terdiri atas lahan rawa pasang surut 23,10 juta ha dan lahan rawa lebak (non pasang surut) 13,30 juta ha (Subagjo dan Widjaja-Adhi 1998).

Perubahan iklim yang sedang terjadi sekarang ini telah menyebabkan masalah-masalah baru antara lain kenaikan suhu, kenaikan gelombang pasang dan kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut menjadi sangat penting terhadap rawa pasang surut karena berkaitan dengan topografi lahan rawa yang pada dasarnya adalah di daerah rendah sehingga mudah terluapi air dari laut.

Daerah rawa (DR) Tabunganen terletak di dekat muara Sungai Barito di Kalimantan Selatan (Gambar 1) yang menggunakan tenaga pasang surut air laut untuk irigasi.



Sumber : BWS Kalimantan II (2011)

Gambar 1. Lokasi daerah rawa Tabunganen, Sungai Barito, Kalimantan Selatan

Figure 1. The experimental site at Tabunganen Lowland, Barito River, South Kalimantan

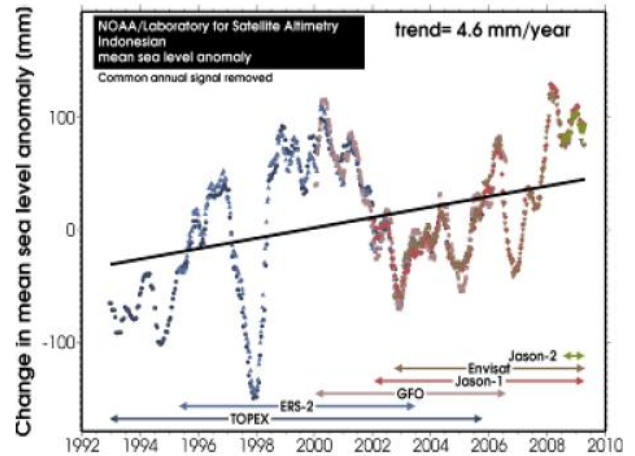
Sistem irigasi pasang surut yang digunakan di daerah rawa Tabunganen adalah sistem garpu dengan kolam, yang banyak digunakan di jaringan-jaringan pengembangan rawa Kalimantan. Kenaikan muka air laut akan sangat berpengaruh terhadap sistem irigasi ini karena akan menyebabkan terjadinya perubahan hidro-topografi dan kesesuaian lahan.

Daerah rawa Tabunganen yang diteliti seluas 3500 ha dan banyak ditanami padi. Sebagai tambahan informasi, sistem irigasi garpu dengan dua kolam dimaksudkan sebagai pengontrol head muka air agar terjadi sirkulasi yang menyeluruh di seluruh sistem irigasi. Penelitian sebelumnya pernah dilakukan di Telang I di Provinsi Sumatera Selatan yang menggunakan sistem irigasi sisir menunjukkan bahwa rawa pasang surut bertambah secara signifikan dengan adanya kenaikan muka air laut dan penurunan tanah (Rahmadi *et al.* 2010). Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pola perubahan dari hidro-topografi daerah rawa Tabunganen akibat kenaikan muka air laut sehingga ke depan dapat dilakukan modifikasi pengelolaan air yang akan mengatasi permasalahan tersebut.

Pemanasan global menyebabkan kenaikan muka air laut rata-rata antara 0,12-0,58 m th⁻¹. Kenaikan muka air laut rata-rata tiap lokasi berbeda-beda bergantung pada letaknya dan juga arus lautnya. Kenaikan muka air laut rata-rata di zona katulistiwa tidak sebesar dibanding yang terjadi di Kutub Selatan dan kutub Utara. Bagaimanapun juga, kondisi samudera seperti halnya suhu laut yang menghangat, salinitas, pH yang berkurang sangat dominan terjadi di zona khatulistiwa meskipun dalam studi ini

masih sulit untuk dideteksi karena keterbatasan data (IPCC 2007). Berdasarkan pengamatan dari satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), kenaikan muka air laut di Indonesia berkisar pada 4,6 mm th⁻¹. Sementara itu muka air laut rata-rata global mengalami kenaikan sebesar 2 mm th⁻¹ (NOAA 2007). Tren dari kenaikan muka air laut rata-rata yang terjadi di Indonesia (Gambar 2).

Kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah akan memberikan dampak yang sama kepada kondisi hidro-topografi sebuah lahan rawa.



Sumber: NOAA-LSA (2007)

Gambar 2. Kenaikan muka air rata-rata per tahun di Indonesia

Figure 2. Average of sea level rise in Indonesia

Bahan dan Metode

Kenaikan muka air laut

Efek dari kenaikan muka air laut di dekat *intake* akan menjadi pertimbangan untuk mengambil strategi terhadap area reklamasi yang baru dan atau meningkatkan skema jaringan tata air (intrusi salinitas, sedimentasi di tebing sungai dan pengelolaan air). Beberapa dampak dari kenaikan muka air laut terhadap sistem irigasi dan drainase meliputi beberapa hal (Suryadi 1996):

- Perubahan terhadap Kelas Hidro-topografi.
- Perubahan terhadap sistem pengelolaan air dan infrastrukturnya.
- Perubahan terhadap kontrol pada pengukuran muka air.
- Perubahan terhadap sistem penanaman.
- Perubahan terhadap lingkungan (salinitas dan morfologi).

Dengan adanya penurunan tanah dan kenaikan muka air laut, maka akan terjadi perubahan kelas hidro-topografi secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh adanya perubahan kedalaman genangan dari irigasi pasang surut, sebagai contoh dari kelas C ke B atau dari B ke A. Karena lahan yang awalnya hanya bisa diirigasi selama musim hujan, dengan kenaikan muka air laut menjadi dapat diirigasi selama musim hujan dan musim kemarau (Rahmadi *et al.* 2010).

Hidrotopografi lahan

Kondisi hidro-topografi di rawa pasang surut merupakan titik awal dari analisis kesesuaian lahan dan digambarkan sebagai elevasi sebuah lahan dibandingkan

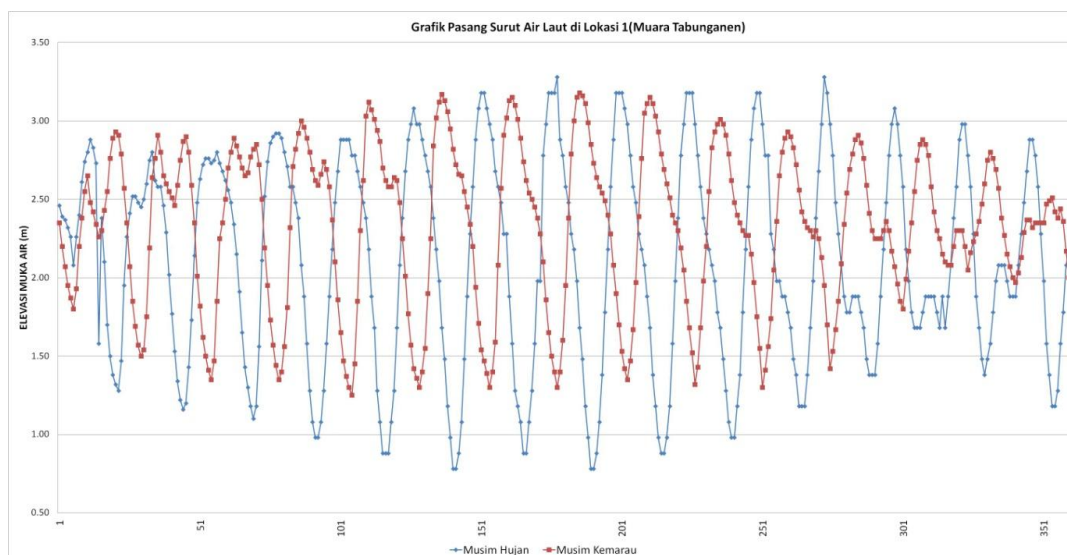
dengan muka air di sungai atau saluran di sistem saluran terbuka yang terdekat. Kondisi hidro-topografi di lahan rawa biasanya dibedakan menjadi 4 kelas (Suryadi 1996):

- Kelas A: Lahan yang selalu terluapi > 4-5 kali persiklus pasang tinggi pada musim hujan dan musim kemarau.
- Kelas B: Lahan yang selalu terluapi > 4-5 kali persiklus pasang tinggi hanya pada musim hujan saja.
- Kelas C: Lahan yang tidak terluapi > 4-5 kali persiklus pasang tinggi pada musim hujan. Muka air pasang 0,30 – 0,60 m di bawah permukaan tanah (zone perakaran tanaman padi dan palawija).
- Kelas D: Lahan yang tidak pernah terluapi walaupun oleh pasang tinggi. Pengaruh pasang surut relatif kecil, muka air pasang > 0,60 m di bawah permukaan tanah.

ARCGIS terdiri atas beberapa aplikasi untuk melakukan berbagai pekerjaan Sistem Informasi Geografis (SIG), dari yang mudah sampai yang sangat maju, termasuk pemetaan, manajemen data, analisis geografis, mengedit data dan *geoprocessing* (Environmental System Research Institute 2001).

Pengumpulan data primer

Pengumpulan data primer dan sekunder meliputi pengukuran topografi lahan, pengukuran penampang melintang saluran dan pengukuran hidrometri. Pengukuran hidrometri berupa pengamatan muka air masing-masing selama 15 hari di musim kering dan musim kemarau. Pengamatan muka air dilakukan secara simultan baik di saluran primer, saluran sekunder dan juga di saluran tersier. Penampang melintang dan pengamatan muka air di saluran primer (Gambar 3) digunakan sebagai kondisi



Gambar 3. Grafik muka air di musim kemarau dan musim hujan selama 15 hari

Figure 3. Graphic of water table in dry and rainy seasons during 15 days

batas dalam model matematik dengan menggunakan HEC-RAS. Sementara untuk muka air di saluran sekunder dan tersier digunakan sebagai kalibrasi terhadap hasil running dari model matematik. Muka air di lahan diasumsikan sama dengan di saluran tersier dikurangi 5 cm km⁻¹ akibat dari adanya gesekan pada waktu proses merambat.

Pembuatan Peta Hidro-topografi

Peta hidro-topografi dibangun menggunakan model matematik dengan software HEC-RAS dan Arc GIS 9.3. Program HEC-RAS merupakan penyelesaian numerik dari persamaan aliran tak permanen satu dimensi untuk saluran terbuka yang diturunkan dari persamaan kekekalan energi dan massa.

HEC-RAS adalah program komputer yang dikembangkan oleh Bill S. Eichert dari The Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers. HEC-RAS memiliki kemampuan untuk melakukan perhitungan profil muka air pada aliran permanen (*steady flow*) dan tidak permanen (*unsteady flow*) (Suroso 2006).

Prosedur hitungan didasarkan pada penyelesaian persamaan konservasi energi 1 D dengan kehilangan tinggi energi oleh kekasaran alur dinyatakan dalam koefisien manning. Langkah perhitungan ini dikenal sebagai Standard Step Method (Triatmodjo 1995), yaitu menghitung profil muka air pada setiap penampang melintang yang diselesaikan dengan metode iterasi (Gambar 4), dengan rumus sebagai berikut.

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + he$$

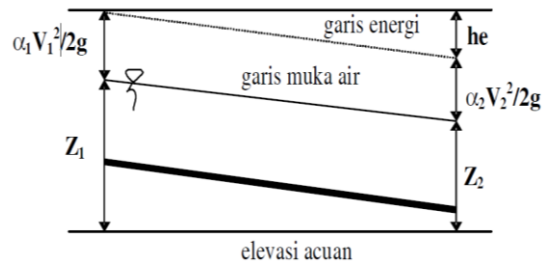
$$he = L S_f + C \left[\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right] \tag{2}$$

Keterangan :

- WS1, WS2 : elevasi muka air pada setiap penampang melintang
- V1, V2 : kecepatan aliran rata-rata
- a1, a2 : koefisien kecepatan aliran
- g : percepatan gravitasi
- he : kehilangan tinggi energi
- L : panjang pias yang ditinjau
- Sf : kemiringan garis energi
- C : koefisien ekspansi/kontraksi

Hasil *running* dari model HEC-RAS digunakan untuk menentukan hidro-topografi sebuah lahan terhadap muka air. Oleh karena itu peta topografi yang berupa kontur kemudian dibandingkan dengan elevasi muka air di saluran terdekat yang didapat dari model. Level muka air yang dibandingkan adalah pada waktu pasang tertinggi di musim kemarau dan musim hujan dikurangi 15 cm dengan

asumsi bahwa nilai tersebut adalah air dari saluran yang teririgasi menggenangi lahan sebanyak 4-5 kali dalam satu siklus pasang. Hasil dari penghitungan tersebut dipakai untuk menentukan batas hidro-topografi kelas A dan B sesuai karakteristik yang telah disebutkan. Elevasi yang dipakai untuk kelas C adalah tinggi batas elevasi hidro-topografi B ditambah 0,5 m. Lahan yang mempunyai elevasi lebih dari kelas C didefinisikan termasuk ke dalam kelas D.



Sumber: Jurnal Teknik Sipil (2006)

Gambar 4. Skema hidrolika aliran

Figure 4. Scheme of stream hydraulics

Kenaikan muka air laut rata-rata yang digunakan untuk penelitian ini adalah 4,6 mm th⁻¹ sesuai dengan tren pada Gambar 2 dengan asumsi untuk tren kenaikan muka air laut untuk tahun-tahun ke depan masih bersifat linier. Dalam menganalisis dampak kenaikan muka air laut terhadap hidro-topografi di daerah rawa Tabunganen ini, dibagi menjadi 3 skenario yaitu 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun.

Hasil dan Pembahasan

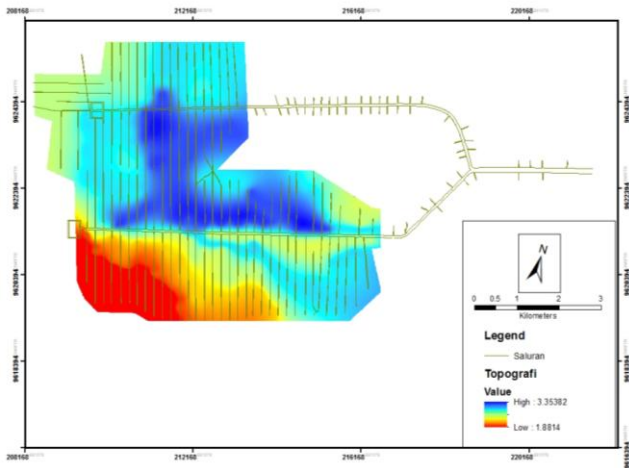
Peta topografi

Dari hasil pengukuran topografi oleh Balai Wilayah Sungai Kalimantan II tahun 2011 didapatkan peta topografi (Gambar 5). Dalam Peta tersebut menunjukkan bahwa elevasi tertinggi yaitu +3,35 m dan yang terendah adalah +1,88. Peta topografi ini sudah terikat dengan pengamatan muka air dan telah menjadi satu datum.

Peta hidro-topografi

Dari hasil running dengan menggunakan model matematik HEC RAS, didapatkan nilai muka air (MA) tertinggi untuk muka air di masing-masing saluran (rata-rata muka air antara +2,6-2,8) pada waktu musim hujan dan musim kemarau. Akan tetapi nilai MA yang digunakan untuk membuat peta ini adalah 15 cm kurang dari nilai hasil komputasi. MA di masing-masing titik

dimasukkan ke Arc GIS, kemudian dibandingkan dengan peta topografi. Perbandingan antara elevasi lahan dengan MA saluran yang terdekat ini menjadi peta hidro-topografi.



Sumber: BWS Kalimantan II (2011)

Gambar 5. Peta topografi daerah rawa Tabunganen
Figure 5. Topographic map of Tabunganen swampy Area

Hasil analisis menggunakan Arc GIS menunjukkan bahwa hidro-topografi Kelas A di Tabunganen adalah seluas 1.175 ha (32%), sedangkan untuk kelas B adalah seluas 402 ha (11%) dan kelas C seluas 2.101 ha (57%). Hidro-topografi di Tabunganen lebih banyak didominasi oleh hidro-topografi A dan C. Luas kelas B yang kecil disebabkan sangat rendahnya selisih muka air di musim kemarau dan musim hujan yaitu sekitar 10 cm. Pada kondisi ini, lahan masih memungkinkan untuk ditanami padi dengan skema irigasi yang sudah ada. Pada Gambar 6 menunjukkan peta hidrotopografi kondisi existing.

Dampak kenaikan muka air laut terhadap hidro-topografi Tabunganen

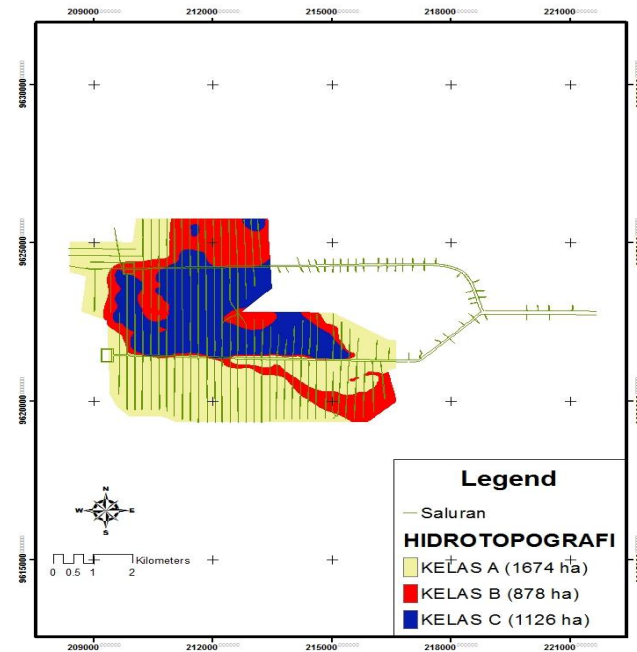
Berdasarkan analisis terhadap tiga skenario untuk peta hidro-topografi Rawa Tabunganen didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Skenario 10 tahun

Skenario 1 ini menganalisis muka air 10 tahun mendatang yaitu sebesar 46 mm (Gambar 7). Peta tersebut menunjukkan bahwa luas hidro-topografi kelas A dan B semakin membesar, sedangkan hidro-topografi C semakin berkurang.

2. Skenario 25 tahun

Dengan kenaikan muka air laut selama 25 tahun yaitu sebesar 115 mm (Gambar 7). Serupa dengan skenario 1, luasan hidro-topografi kelas A dan B bertambah sementara luasan kelas C berkurang.



Gambar 6. Peta hidro-topografi daerah rawa Tabunganen
Figure 6. Hydrotopographic map of Tabunganen swampy area

3. Skenario 25 tahun

Dengan kenaikan muka air laut selama 25 tahun yaitu sebesar 115 mm (Gambar 7). Serupa dengan skenario 1, luasan hidro-topografi kelas A dan B bertambah sementara luasan kelas C berkurang.

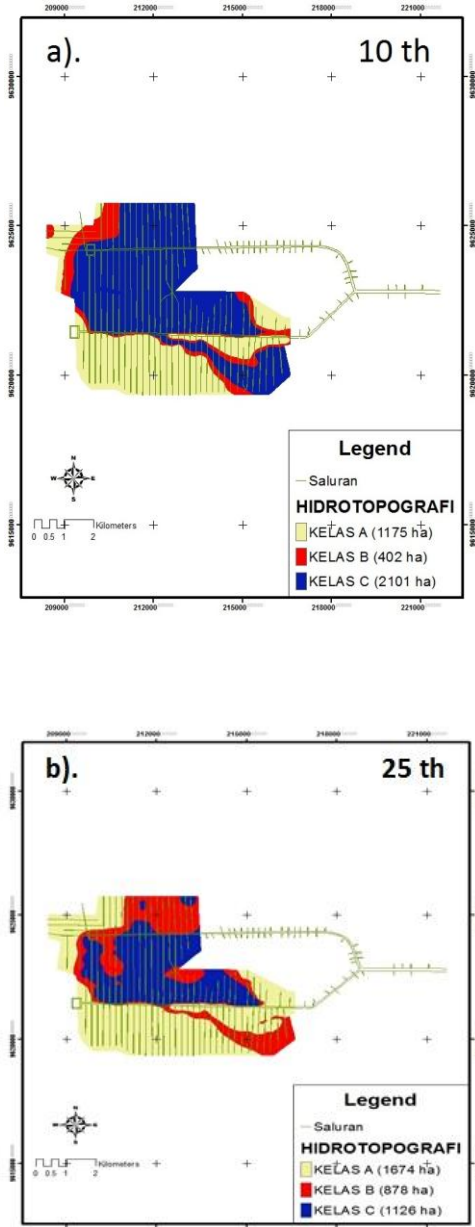
4. Skenario 50 tahun

Kenaikan muka air laut setelah 50 tahun menunjukkan hal yang berbeda dengan skenario 1 dan 2. Menggambarkan bahwa luas dari area hidro-topografi kelas A bertambah akan tetapi luas area kelas B dan C berkurang (Gambar 8). Hal ini menunjukkan bahwa dominasi terhadap kelas A ini diakibatkan oleh perubahan dari kelas C dan B ke A karena pengaruh dari kenaikan muka air laut.

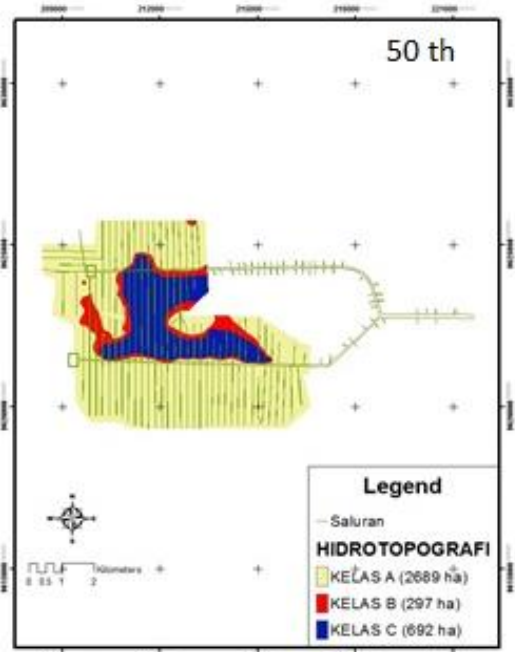
Perubahan kelas hidro-topografi dari yang ada ke 10 th, 25 th, dan 50 th yang akan datang dapat dilihat pada Tabel 1. Luas hidro-topografi kelas A mengalami peningkatan yang paling signifikan pada 50 tahun yang akan datang yaitu 73% dari total luas lahan di Tabunganen.

Kelas A mengalami peningkatan luasan secara terus menerus dari tahun ke tahun, sedangkan kelas C berbanding terbalik terhadap kelas A. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya daerah yang tergenang oleh air pasang sehingga kelas C sebagian berubah menjadi kelas B dan A. Pada tahun ke 10 dan ke 15 luasan kelas B mengalami peningkatan, akan tetapi pada tahun ke 50 turun menjadi 297 ha saja. Hal ini disebabkan oleh elevasi lahan dan juga perbedaan antara muka air pasang pada waktu musim hujan dan kemarau yang sangat kecil. Hidro-topografi lahan cenderung mengalami perubahan dari kelas B ke

kelas A dan kelas C menjadi kelas A. Perubahan kelas hidro-topografi ini juga sangat dimungkinkan terjadi pada rawa-rawa di sekitar DR. Tabunganen karena masih terpengaruh oleh pasang surut air laut. Kelas C dan D akan semakin berkurang luasnya menjadi kelas A dan B yang baru. Akan tetapi dengan kenaikan muka air laut juga menyebabkan terbentuknya kelas C dan D yang baru tergantung dari topografi lahan yang ada. Luas rawa akan berkurang karena banyak lahan yang sudah berada di bawah permukaan air laut dan semakin terpojok ke lahan tinggi (*upland*).



Gambar 7. Peta hidro-topografi daerah rawa Tabunganen a) 10 th kemudian dan b) 25 th kemudian
 Figure 7. Hydrotopographic map of Tabunganen swampy area: a) 10 years after, and b) 25 years after



Gambar 8. Peta hidro-topografi daerah rawa Tabunganen 50 th kemudian
 Figure 8. Hydrotopographic map of Tabunganen swampy area: 50 years after

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis hidro-topografi di kondisi eksisting di Tabunganen didominasi oleh hidro-topografi kelas C dengan luas sebesar 2101 ha (57%), kemudian kelas A dengan luas 1175 ha (32%), dan kelas B seluas 402 ha (11%).
2. Kenaikan muka air laut berpengaruh secara signifikan terhadap daerah rawa pasang surut Tabunganen dapat dilihat dengan adanya perubahan luasan kelas pada hidro-topografi A, B, dan C yang beragam di 10 th, 25 th dan 50 th yang topografi kelas A lebih mendominasi dengan luasan 2689 ha (73%). Hal ini menjadikan lebih banyak lahan yang dapat menggunakan air pasang sebagai energi untuk mengairi lahan.
3. Luasan hidro-topografi kelas B pada tahun ke 10 dan 25 semakin bertambah seluas 558 ha dan 878 ha namun pada tahun ke 50 luasannya berkurang menjadi 297 ha. Hal ini disebabkan oleh elevasi lahan dan juga perbedaan antara muka air pasang pada waktu musim hujan dan kemarau yang sangat kecil yaitu sebesar 10 cm.
4. Luasan hidro-topografi kelas C pada tahun ke 10, 25, dan 50 semakin berkurang dari 48% menjadi 19% dari keseluruhan lahan.

Table 1. Perubahan luasan hidro-topografi

Table 1. Changes in the extent of Hydro-topography

Kelas	Hidro-topografi							
	Luas				Luas			
	2011	10 th	25 th	50 th	2011	10 th	25 th	50 th
	ha				%			
A	1.175	1.358	1.764	2.689	32	37	48	73
B	402	558	878	297	11	15	24	8
C	2.101	1.762	1.126	692	57	48	31	19

- Perubahan kelas hidro-topografi ini dapat juga terjadi pada daerah rawa yang lain yang menggunakan sistem irigasi pasang surut. Perlu perubahan pola tanam dan perubahan kesesuaian lahan, akibat menurunnya kemampuan drainabilitas lahan.

Saran

- Dalam studi ini belum memperhitungkan penurunan tanah yang terjadi di daerah rawa Tabunganen, sehingga ke depan diharapkan ada penelitian yang menganalisis hubungan kenaikan muka air laut dan penurunan tanah terhadap hidro-topografi sebuah lahan rawa.
- Kenaikan muka air laut untuk tahun-tahun ke depan mungkin tidak bersifat linier, oleh karena itu perlu studi lebih lanjut untuk nilai kenaikan muka air laut yang akan digunakan untuk menganalisis penelitian yang sejenis.
- Perlu peninjauan kembali terhadap infrastruktur dan morfologi saluran karena kenaikan muka air laut.
- Untuk menanggulangi permasalahan ini dapat juga dipertimbangkan untuk menggunakan skema jaringan tertutup atau sistem polder dengan pompa.
- Penelitian terhadap perubahan pada hidro-topografi kelas A perlu dilakukan karena pada tahun-tahun ke depan tinggi genangan semakin besar sehingga tidak cocok lagi untuk ditanami padi.

Daftar Pustaka

BWS Kalimantan II. 2011. Survei Investigasi dan Desain (SID) Rehabilitasi Rawa Unit Tabunganen (3.250 ha) Kabupaten Barito Kuala. Banjarmasin.

Environmental System Research Institute (ESRI). 2001. Model Builder for ArcView Spatial Analyst 2. Environmental Systems Research Institute.

IPCC. 2007. Climate Change 2007 Synthesis report, Intergovernmental Panel on climate Change Fourth Assessment Report. (Downloaded from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_introduction.pdf on 11 June 2013).

NOAA-LSA. 2007. Regional sea level rise time series. http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/slr/LSA_SLR_timeseries_regional.php.

Rahmadi, F.X. Suryadi, H.S. Robiyanto, and Bart Schultz. 2010. Effects of Climate Change and Land Subsidence on Hydro-topographical Conditions in Tidal Lowlands Case Study Telang I, South Sumatra. Paper presented in International Seminar-Workshop on Integrated Lowland Development and Management, Sriwijaya University, Palembang, Indonesia, March 2010.

Subagjo, H. dan I P.G. Widjaja-Adhi. 1998. Peluang dan kendala penggunaan lahan rawa untuk pengembangan pertanian di Indonesia : kasus Sumatera Selatan dan Kalimantan Tengah. Makalah Utama Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat, Pebruari 1998 di Bogor.

Suroso. 2006. Kajian kapasitas sungai logawa dalam menampung debit banjir. Jurnal Teknik Sipil, Volume III, Juli 2006.

Suryadi, F.X. 1996. Soil and water management strategies for tidal lowlands in Indonesia. PhD dissertation, IHE-TU Delft, the Netherlands.

Triatmodjo, B. 1995. Hidraulika II, Beta Offset, Yogyakarta.