INFO TEKNIK
Volume 22 No. 1 Juli 2021 (99-116)

ANALISIS KARAKTERISTIK DAN FORMULASI RAWA DENGAN PENDEKATAN VARIABEL HIDROLOGI RAWA

Nilna Amal
Program Studi Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat

E-mail; nilna.amal@ulm.ac.id

ABSTRACT

The characteristics of wetlands can be recognized through their hydrological and ecological conditions. The hydrology of a wetland determines whether it can function initially or change. Research on the hydrology of wetlands can start from applying an appropriate water balance and a runoff generation formula for a wetland.

Hydrological analysis of wetlands, including peatlands as part of watersheds, requires proper research according to the circumstances. A water balance formula calculating the equilibrium between rainfall, evapotranspiration, surface water, and groundwater is essential for recognizing wetland conditions. Analysis of the watershed flow where the wetland is located can use the rational formulas and the unit hydrograph methods of generated flow that consider suitability for the wetland conditions. This analysis is carried out by calculating the influence of variables on the wetland; rainfall, surface flow, and water detention. Other variables related to soil properties have an influential aspect in determining flow generation.

The overall variables effect is reflected in the changes in the downstream flow hydrograph of a watershed. It mainly seems in the recession curve of the flood hydrograph. The peak of the flow decreases in order to wetland presence. This change is a composite of the upstream flow alteration and wetland storage influence. The influence of wetland areas is also found in flood volume, which shows a proportional relationship, namely that the increase in wide wetland areas affects the decrease in flood volume.

Keywords: wetland characteristics, water balance, flow analysis, hydrology variables.

1. PENDAHULUAN.

Lahan basah atau rawa merupakan wilayah yang hampir selalu tergenang atau basah baik genangan tersebut bersifat permanen maupun musiman. Klasifikasi rawa dapat menjadi berbeda pada setiap daerah sesuai keadaan rawanya dan dapat dibagi menjadi beberapa yaitu rawa, payau dan gambut (Scott dan Jones, 2015; Finlayson, 2001) . Berdasarkan dekat jauhnya dengan air laut, air yang tergenang pada rawa dapat digolongkan menjadi air tawar dan air payau atau air asin (Mitsch dan Gosselink, 2015; Scott dan Jones, 2015; Acreman dan Holden, 2013). Rawa memiliki karakteristik unik (Scott dan Jones, 2015; Alaska Department of Fish and Game, 1992) dan keberadaan atau

kehilangan rawa akan mempunyai pengaruh terhadap perubahan siklus hidrologi di DAS dimana rawa tersebut berada serta juga berpengaruh terhadap aliran banjir, aliran rendah dan pengisian kembali air tanah (Mitsch dan Gosselink, 2015; Bullock & Acreman, 2003).

Rawa meliputi hingga 6% luas dunia dan banyak terdapat di bagian hulu dari daerah aliran sungai sehingga pengaruhnya terhadap aliran di sebelah hilir menjadi penting untuk dipahami (Bullock & Acreman, 2003). Akan tetapi proses hidrologi dan perilaku ekologi rawa terhadap sistem permukaan tanah seperti hutan masih kurang penjelasan secara ilmiah (Finlayson, 2001). Dasar-dasar ilmiah dan usaha untuk menggabungkan kajian-kajian mengenai rawa masih belum mempertimbangkan fungsi rawa terhadap DAS khususnya dari sisi hidrologi (Bullock & Acreman, 2003).

Beberapa literatur telah membahas mengenai fungsi kuantitas rawa yang menunjukkan pengetahuan mengenai rawa dan menjelaskan peran penting rawa terhadap siklus hidrologi namun belum cukup untuk mendefinisikan dengan tepat mengenai peran lokasi dan jenis rawa terhadap bangkitan aliran dan tampungan aliran air (Bullock & Acreman, 2003; Ogawa & Male, 1986). Evaluasi yang efektif untuk menentukan pengaruh penundaan banjir karena keberadaan rawa memerlukan prosedur yang sistematik (Ogawa & Male, 1986; Acreman & Miller, 2007; Wardrop *et al.*, 2007) dan memerlukan pengetahuan mengenai perbedaan jenis rawa serta pengaruhnya terhadap debit banjir. Proses dan peranan rawa dalam aliran permukaan dapat didefinisikan menjadi dua bagian yaitu (1): perjalanan dari hujan menjadi aliran lahan kemudian menuju rawa dan (2) proses dari tampungan rawa dan pengaruhnya menuju ke hilir.

Keadaan hidrologi rawa dengan tepat ditunjukkan oleh hidroperid (*hydroperiod*) yaitu pola musiman muka air rawa dan pola itu merupakan ciri khas (*signature*) hidrologi pada setiap rawa yang mendeskripsikan naik dan turunnya air permukaan dan air bawah permukaan pada rawa (Bromberg, 1990; Mitsch & Gosselink, 2015; Reddy & DeLaune, 2008). Hidroperiod ini merupakan karakteristik rawa yang menggambarkan keluar masuknya air dan ditentukan oleh volume di luar rawa baik yang alami seperti pola hujan maupun yang buatan seperti penduduk dan perkembangan pertanian (Bromberg, 1990; Acreman & Holden, 2013) dan dipengaruhi oleh bentuk fisik daerah rawa tersebut dan oleh kedekatannya dengan sumber air. Monitoring pada hidroperiod dapat menunjukkan adanya perubahan pada bentang lahan dan sedikit perubahan pada rawa sendiri.

Terdapat perbedaan kesimpulan mengenai peranan rawa terhadap aliran. (Bullock & Acreman, 2003) menemukan bahwa sebagian besar studi tentang rawa (80%) menunjukkan bahwa rawa mengurangi banjir (Ferrari et al., 1999; Simonovic & Juliano, 2001) akan tetapi terdapat juga kesimpulan yang bertolak belakang (41%) bahwa rawa di hulu meningkatkan banjir di hilir.

Studi peningkatan banjir karena peranan rawa ini banyak dilakukan di Eropa (Acreman et al., 2007) dan studi mengenai peran rawa untuk menurunkan banjir dilakukan di seputar DAS di Amerika Serikat dan Kanada (Ahmed, 2014, 2017; Bengtson & Padmanabhan, 1999; Demissie et al., 1997; Meyer, 1998; Ogawa & Male, 1986; Simonovic & Juliano, 2001). Perbedaan yang besar antara rawa di daerah sub tropis seperti Kanada yang mempunyai banyak rawa dengan daerah tropis (seperti Indonesia) baik dari sisi iklim dan cuaca serta keadaan dan jenis rawa maupun kelengkapan data berbasis stasiun hidrometri menyebabkan hasil penelitian tidak dapat langsung diaplikasikan jika terdapat perbedaan jenis rawa (Acreman et al., 2007).

Jenis rawa berdasarkan letaknya terhadap DAS apakah di bagian hulu DAS atau hilirnya memberi perbedaan pengaruh terhadap aliran banjir di rawa. Secara umum rawa di hulu cenderung membangkitkan atau meningkatkan banjir sementara rawa di hilir punya potensi yang lebih besar untuk mengurangi banjir. Semakin besar banjirnya maka semakin signifikan aliran menuju sungai (Ovando, et al., 2016; Acreman & Holden, 2013; Ogawa & Male, 1986).

Manajemen terhadap rawa membutuhkan pengetahuan tentang tata letak bentang lahan, lapisan geologi, keadaan hidrologi, perkembangan dan skala waktu biologi dan interaksi diantara semuanya karena kondisi rawa secara spesifik akan menentukan fungsinya (Euliss, et al.,2008; Mclaughlin & Cohen, 2016).

Penulisan paper ini bertujuan untuk

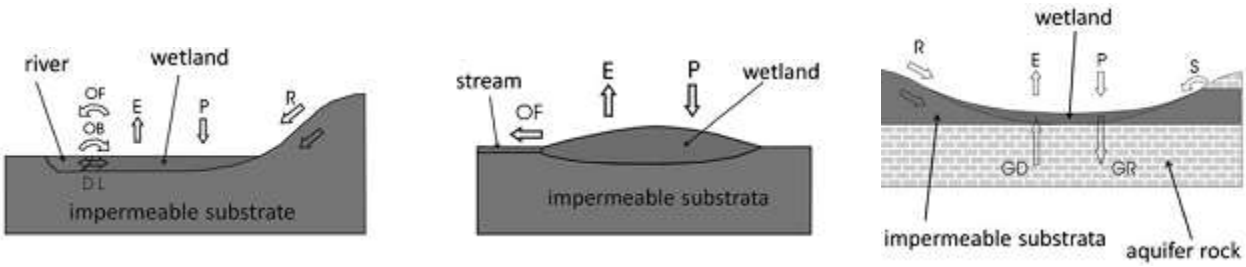
1) mengklasifikasikan rawa berdasarkan letak dan cara mekanisme suplai airnya untuk memahami kaitan antara karakteristik rawa dengan kemampuan tampungannya
2) menjelaskan beberapa analisa yang digunakan pada rawa yang merupakan bagian kondisi hidrologis untuk memahami formula yang berlaku dan sesuai di daerah aliran sungai dengan menghitung pengaruh rawa
3) menganalisa pengaruh beberapa variabel di rawa terhadap hidrograf banjir hilir

2. KAJIAN PUSTAKA

1. Karakteristik Rawa

Berdasarkan letaknya rawa diklasifikasikan (Mitsch dan Gosselink, 2015, Conference, 1998) menjadi (1) rawa yang terletak pada daerah yang dibatasi hanya oleh sistem daratan dan (2) rawa yang dibatasi oleh perairan dan daratan. Berdasarkan pengaruh air laut rawa dapat diklasifikasikan sebagai jenis pasang surut dan non pasang surut (rawa lebak). Pengaruh keberadaan rawa terhadap aliran banjir tergantung pada jenis dan cara mekanisme suplai air (Acreman & Holden, 2013) sehingga penentuan karakteristik rawa menjadi penting. Acreman and Miller, (2007) membagi jenis rawa berdasarkan suplai atau air yang masuk ke dalamnya yaitu a) yang mendapat air dari hujan (*precipitation-fed*), b) yang mendapat suplai air dari sungai (*river-fed*) dan c) yang mendapatkan suplai air dari air tanah (*groundwater-fed*) dan ditunjukkan dengan gambar 1 berikut ini (Acreman & Holden, 2013). Gambar 1 menunjukkan pengklasifikasian rawa berdasarkan jenis air yang diterima rawa, namun secara lokal pembagian rawa dapat juga berupa rawa pedalaman (lebak) dan rawa pasang surut (Noor, 2007). Selain berdasarkan letaknya, terdapat juga jenis rawa yang diklasifikasikan terpisah dikarenakan perbedaan jenis tanahnya seperti gambut. Meskipun mempunyai perbedaan pada struktur tanah penyusunnya, namun gambut juga mempunyai komponen hidrologi yang sama dengan rawa (Mitsch & Gosselink, 2015; Amal et al., 2021).

Sebagian rawa mempunyai mekanisme suplai air yang terdiri dari dua atau ketiganya tergantung pada letaknya apakah rawa terletak di bagian hulu atau hilir dari daerah terjadinya banjir (Acreman & Holden, 2013). Terdapat hubungan yang erat diantara dua aspek pembagian rawa yaitu rawa hulu yang didominasi oleh suplai air hujan dan rawa hilir yang didominasi oleh suplai aliran sungai dan rawa yang dipisahkan oleh sistem sungai serta suplai utamanya adalah air tanah. Bullock & Acreman (2003) mengklasifikasikan rawa berdasarkan beberapa kriteria yaitu: (1) lokasi DAS secara umum yang dikategorikan berdasarkan atas hulu dan dataran banjir yaitu apakah aliran di hulunya itu berasal dari aliran sungai ataukah tidak (2) apakah rawa mempunyai konektifitas hidraulik dengan air tanah atau tidak dan (3) apakah rawa mempunyai konektifitas hidraulik dengan air permukaan ataukah tidak.



Gambar 1. Klasifikasi sederhana berdasarkan mekanisme suplai airnya sumber: Acreman & Miller, 2007)

Hubungan timbal balik antara antara air air permukaan dan air bawah permukaan dan serta keluar masuknya air dari dan ke dalam rawa merupakan salah satu cara memahami karakteristik rawa (Acreman & Miller, 2007; Mitsch & Gosselink, 2015). Istilah lahan basah mencakup jenis rawa secara luas yaitu sumber mata air di dalam tanah hingga delta di dalam tanah. Kajian oleh Bullock & Acreman (2003) meliputi secara khusus rawa-rawa di Amerika Utara, Kanada dan Afrika serta sebagian kecil di belahan dunia lain meliputi New Zealand, Australia, Brazil, India, Indonesia dan Malaysia. Studi tersebut menyimpulkan bahwa untuk Indonesia (Barito di Indonesia) variabilitas aliran direduksi oleh keberadaan rawa dan menunjukkan hasil berbeda untuk tempat yang lain. Penelitian hanya menjelaskan secara umum dan belum menyelidiki secara rinci mengenai detil klimatologi, kondisi daerah aliran sungai dan struktur internal rawa sehingga sangat mungkin suatu rawa yang berbeda akan menunjukkan analisa yang berbeda.

Keuntungan rawa (Ahmed, 2014; Maltby & Acreman, 2011) selain dari fungsi hidrologi adalah meliputi peningkatan kualitas air, biodiversitas, tempat hidupnya flora dan fauna yang unik dan keuntungan ekologi lain dalam skala yang lebih luas. Rawa dipercaya menjadi daerah yang produktif karena jenis tanaman dan atau ikan yang ada didalamnya sehingga berkurangnya volume rawa baik jumlah maupun luasnya membawa kerugian terhadap kehidupan secara umum (Acreman & Miller, 2007; Farrier & Tucker, 2000; Mitsch, William & Gosselink, 2015; Spiers, 2001; Ramsar Convention Secretariat, 2010). Pemikiran ini mendorong pemerintah dan akademisi di Amerika Serikat dan Eropa melakukan penelitian terhadap proses dan hasil restorasi rawa yang rusak. Hal ini untuk melihat apakah restorasi terhadap rawa membawa pengaruh terhadap perubahan hidrologi termasuk keseimbangan airnya (Acreman et al., 2007; Michot et al., 2011; Nungesser & Chimney, 2006; Sandoval et al., 2016; Sullivan et al., 2014; Zapata-Rios & Price, 2012).

Fungsi rawa apakah menguntungkan atau tidak juga ditentukan dari sudut pandang yang berbeda. Ekologis memandang penting proses evaporasi dari rawa sebagai suatu proses esensial yang akan mendukung pertumbuhan tanaman, di sisi lain manajemen sumber daya air menganggap evaporasi sebagai kehilangan sumber daya yang vital (Bullock & Acreman, 2003; Mitsc & Gosselink, 2015). Penilaian kondisi rawa berbasis daerah aliran menjadi pertimbangan krusial (Wardrop et al., 2007) dan hal ini hampir tidak ada disebabkan: (1) kurang tersedianya metode penilaian kondisi rawa yang mudah diimplementasikan secara ilmiah, (2) belum jelas bagaimana caranya mendapatkan sampel rawa yang representatif berbasis daerah aliran sungai yang memberi distribusi terhadap heterogenitas dari sumber daya dan bagaimana memperoleh aksesnya serta (3) biaya pencarian data dapat menjadi tinggi.

2. Analisis dan Formula di Daerah Rawa

Penulisan paper ini akan mengacu pada dua hal penting yaitu keseimbangan air dan bangkitan debit yang ditimbulkan oleh hujan. Persamaan neraca air secara langsung mengamati dan menganalisa kondisi rawa dengan melihat aliran air yang masuk dan keluar sementara bangkitan debit melihat aliran yang ditimbulkan oleh hujan pada daerah aliran sungai (DAS) dengan mempertimbangkan pengaruh keberadaan rawa pada DAS tersebut (Bengtson & Padmanabhan, 1999; Simonovic & Juliano, 2001).

Langkah pertama dalam memahami hidrologi rawa adalah mengidentifikasi bagaimana mekanisme keluar masuknya air dari dan ke rawa dan mana yang paling berperan penting dalam memelihara kondisi ekologi. Variabel-variabel hidrologi seperti hujan, aliran permukaan, aliran air tanah, dan aliran banjir, peralihan energi dan nutrien dari dan keluar rawa merupakan hal yang menentukan kondisi rawa (Mitsch & Gosselink, 2015). Secara kualitatif keadaan hidrologi sama namun secara kuantitas keadaan hidrologi ditentukan oleh perbedaan morfologi daerahnya (Schwerdtfeger et al., 2014). Kedalaman aliran, pola aliran dan durasi serta frekuensi banjir yang merupakan hasil dari input dan output hidrologi mempengaruhi biokimia dan faktor utama pada biota rawa

Persamaan Neraca Air Rawa

Faktor yang perlu diperhatikan pada area rawa termasuk gambut adalah: (1) keseimbangan antara aliran masuk dan aliran keluar, (2) kontur permukaan lahan dan (3) kondisi tanah bawah permukaan, geologi dan air tanah, dan persamaannya dapat ditulis sebagai berikut (Amal et al., 2019; Grundling et al., 2015; Mitsch & Gosselink, 2015; Whitfield et al., 2009):

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P_n + S_i + G_i + ET - S_o + G_o \pm T$$

dengan

V = volume tampungan air rawa (cm)
$\Delta V/\Delta t$ = perubahan volume tampungan di rawa tiap satuan waktu, t (cm)
P_n = hujan netto (cm)
S_i = aliran permukaan, termasuk aliran banjir (cm)
G_i = aliran air tanah masuk (cm)
ET = evapotranspirasi (cm)
S_o = outflow permukaan (cm)
G_o = aliran air tanah keluar (cm)
T = aliran pasang surut masuk atau keluar (cm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi neraca air di rawa

Berikut disajikan untuk kajian pustaka dua keadaan neraca air pada rawa di daerah Amerika Utara yaitu di rawa *cypress* alluvial Illinois bagian selatan dan rawa pantai Great Lakes, Ohio.

1. Pada rawa *cypress* alluvial di bagian selatan Illinois data tahunannnya menunjukkan terjadi banjir yang masuk kemudian keluar kembali sebesar 5300 cm, hujan yang terjadi sebesar 105 cm dengan intersepsi 31 cm, evapotranspirasi 72 cm aliran tanah masuk dan keluar adalah 22 cm dan 21 cm serta outflow sebesar 232, hitunglah persamaan neraca airnya.

   Penyelesaian:

   Diketahui Si= 229 cm, P= 105 cm dan I= 31 cm sehingga Pn=74 cm, ET=72 cm, Gi= 22cm, Go= 21 cm dan So= 232 cm, akan dihitung $\Delta V/\Delta t$.

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P_n + S_i + G_i - ET - S_o - G_o \pm T$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = 74 + 229 + 22 - 72 - 232 - 21 = 0$$

Dapat disimpulkan pada tahun data diambil tidak ada perubahan tampungan pada rawa tersebut.

2. Rawa yang terpengaruh pasang surut Great Lakes coastal marsh di Ohio data dari bulan Maret sampai dengan September pada tahun tertentu menunjukkan hasil sebagai berikut yaitu ada aliran masuk yang besarnya 576 cm, hujan yang terjadi sebesar 38 cm, evapotranspirasi 67 cm aliran masuk dan pengaruh pasang surut adalah 131dan aliran keluar outflow sebesar 232, hitunglah persamaan neraca airnya.

   Penyelesaian:

   Diketahui Si= 576 cm, P= 38 cm, ET=67 cm, Gi +T= 131cm, dan So= 653 cm, akan dihitung ΔV/Δt.

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P_n + S_i + G_i - ET - S_o - G_o \pm T$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = 38 + 576 + 131 - 67 - 653 = +25$$

Dapat disimpulkan pada tahun data diambil terjadi perubahan tampungan pada rawa tersebut berupa kenaikan muka air sebesar 25 cm.

Input yang dominan dalam neraca air yang masuk ke dalam badan air atau suatu daerah aliran sungai adalah kontribusi hujan sedangkan perubahan tampungan atau ΔS adalah komponen terkecil dari perhitungan air dan berkorespondensi hingga 10% dari hujan. Meskipun nilainya kecil ketinggian air dan ΔS adalah yang paling bervariasi nilainya (Zapata-Rios & Price, 2012).

Hitungan evapotranspirasi dapat juga dilakukan dengan persamaan Penmann- Monteith (Schwerdtfeger et al., 2014; Szporak-Wasilewska et al., 2015; Zapata-Rios & Price, 2012) dan dihitung setiap hari selama waktu penelitian. Persamaan Penman-Monteith didasarkan pada asumsi bahwa seluruh energi untuk evapotranspirasi dapat diakses oleh tanaman kanopi dan bahwa air harus menyerap melalui daun melawan suatu tahanan permukaan sebelum terserap ke atmosfer melawan tahanan aerodinamik, sehingga persamaan ini memuat variabel karakteristik vegetasi (Sandoval et al., 2016; Zapata-Rios & Price, 2012). Penelitian selama periode sebelas tahun menunjukkan bahwa rata-rata evapotranspirasi terjadi berbeda-beda setiap bulannya tergantung dari keadaan musim dan kondisi awal tanah dan penelitian selama 4 kali pertahun selama 3 tahun membuktikan bahwa proporsi vegetasi

dan air terbuka di rawa adalah tetap (Glenn et al., 2013) . Tabel berikut menyajikan komponen utama dan jenis rawa yang dipengaruhinya.

Tabel 1. Komponen utama dalam perhitungan neraca air (Mitsch & Gosselink, 2015):

Komponen	Pola	Rawa yang terpengaruh
Hujan	Bervariasi tergantung iklim walaupun banyak daerah mempunyai perbedaan musim basah dan kering	Semua
Aliran permukaan masuk dan keluar	Tergantung cuaca, sering sesuai dengan pola hujan atau aliran mata air, dapat juga melaui saluran sebagai streamflow atau melaui lahan sebagai runoff, termasuk banjir sungai dari alluvial rawa	Potensial untuk semua rawa kecuali aombrotrophic bog, rawa riparian, termasuk rawa dengan hutan berpohon dan rawa alluvial khususnya yang dipengaruhi banjir sungai
Air tanah	Tergantung cuaca namun tidak sekuat aliran permukaan dan tidak selalu ada	Hampir semua rawa kecuali aombrotrophic bog dan rawa daerah tinggi lainnya
Evapotranspirasi	Tergantung cuaca dengan laju tertingi pada musim panas dan laju rendah pada musim dingin. Tergantung pada keadaan meteorologi, fisik dan biologi rawa	Semua
Pasang surut	Satu atau dua kali pasang surut per hari, elevasi frekuensi banjir bervariasi	Rawa pasang surut dan salt marshes serta rawa bakau

Waktu Tinggal

Salah satu konsep yang berguna dalam rawa adalah *renewal time* atau *turnover time* air yaitu didefinisikan sebagai rasio yang melalui volume rata-rata di dalam sistem yang disajikan sebagai:

$$t^{-1} = \frac{Q}{V}$$

dengan

t^{-1} = renewal time (/jam)
Q = debit total aliran (m3/jam)
V = rerata volume tampungan air rawa (m^3)

Renewal time kadang-kadang juga disebut dengan *detention time* menunjukkan seberapa cepat air dalam sistem digantikan atau waktu yang dihitung dari masuk hingga keluar rawa sehingga dihitung sebagai rata-rata waktu air tinggal di rawa.

Aliran Permukaan

Persentase hujan yang menjadi aliran permukaan tergantung pada sejumlah variabel dengan keadaan iklim adalah yang terpenting. Daerah dingin yang lembab seperti Barat Daya Pasific, British Columbia bagian barat dan bagian timur laut Canada mencapai 60-80% hujan yang dikonversi menjadi aliran, sementara di bagian barat laut Amerika Serikat yang kering kurang dari 10% hujan yang kecil diubah menjadi aliran. Perbedaan ini berkaitan dengan tempertaur yang tinggi di daerah kering, yang membuat laju evapotranspirasi menjdi lebih besar, *deficit soil moisture* yang lebih besar dan laju infiltrasi yang lebih besar. Rawa dapat menjadi system penerima bagi aliran air permukaan (*inflow*) atau alira permukaan dapat juga berasal dari rawa menuju hilir (*outflow*). Aliran permukaan ditemukan di banyak rawa berlokasi di bagian hulu DAS (Mitsch, William J, Gosselink, 2015).

Perkiraan jumlah hujan yang diubah menjadi aliran langsung atau aliran permukaan ditentukan dengan formula berikut:

$$S_i = R_p P A_w$$

dengan

S_i = aliran permukaan langsung menuju rawa (m^3)
R_p = koefisien respon hidrologi
P = hujan rerata DAS (mm)
A_w = luas daerah tangkapan hujan menuju rawa (m^2)

Persamaan di atas menghitung aliran langsung yang berasal dari satu kejadian hujan, bila yang dihitung adalah debit puncak menuju rawa yang berasal dari kejadian hujan tertentu maka dapat digunakan rumus rasional yang dipakai untuk luas DAS kurang dari 80 ha yaitu:

$$S_{i(pk)} = 0.278CIa_w$$

dengan:

$S_{i(pk)}$ = puncak aliran menuju rawa (m^3/s)
C = koefisien aliran permukaan
I = intensitas hujan (mm/h)
a_w = luas daerah tangkapan menuju rawa (km^2)

Aplikasi Aliran Permukaan

Berikut akan dihitung aliran yang terjadi pada Sub DAS Barito yaitu DAS Martapura yang luasnya 40,63 km^2, diketahui curah hujan harian maksimum pada tahun 1992 adalah 95,65 mm, akan dihitung aliran air yang masuk ke rawa berdasarkan dua persamaan di atas, diketahui koefisien hidrologis R_p adalah 5% dan koefisien runoff adalah 0,5.

Untuk hitungan pertama yaitu

$$S_i = R_p P A_w.$$

$$S_i = 0{,}05 \times 0{,}095 \times 40{,}63 \times 10^6 = 21.368.524{,}9\ m^3$$

Dan hitungan kedua yaitu

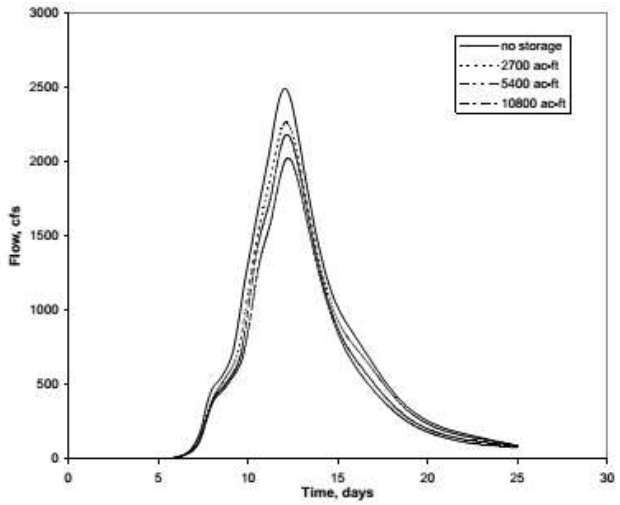
$$S_{i(pk)} = 0.278CIa_w$$

$$S_{i(pk)} = 0{,}278 \times 0{,}05 \times \frac{95{,}65}{24} \times 40{,}63 = 22{,}5079\ m^3/s$$

Hitungan yang pertama adalah berdasarkan satu kejadian hujan dan disajikan sebagai besarnya volume, sementara yang kedua dihitung berdasarkan intensitas hujan setiap jam yang sajikan sebagai volume tiap satuan waktu.

Bengtson & Padmanabhan (1999) menghitung aliran banjir pada DAS Red River di North Dakota Kanada dengan menggunakan prinsip hidrograf satuan. Hidrograf satuan sintetik SCS dan angka CN

SCS sebagai losses dan menggunakan metode Muskingum-Cunge untuk penelusuran aliran di saluran, salah satu hasilnya dapat disajikan pada Gambar 2. Dengan mengamati perubahan pada bentuk hidrograf asal yang meliputi waktu puncak, besaran debit puncak dan waktu dasar terjadinya banjir dapat diketahui pengaruh yang ditimbulkan oleh keberadaan rawa. Hidrograf pada gambar 2 tersebut memperlihatkan bahwa keberadaan rawa menurunkan puncak aliran akan tetapi untuk waktunya relatif konstan.



Gambar 2. Analisa debit aliran daerah aliran sungai dengan memperhitungkan pengaruh rawa (Bengtson & Padmanabhan, 1999)

(Simonovic & Juliano, 2001) merumuskan dari banjir yang terjadi pada 1997 di Red River Valley Manitoba, Kanada bahwa terdapat hubungan antara luas rawa dengan kemampuannya mengurangi volume banjir yaitu bertambahnya luas rawa sebanding dengan pengurangan volume banjir.

Variabel Rawa dan Pengaruhnya

Pengaruh rawa terhadap aliran yang menuju hilir DAS dapat didekati dengan cara menganalisa parameter yang ada pada rawa. Ekosistem rawa dapat dibagi menjadi daerah yang terletak di daerah hulu dan di derah hilir (Mitsch dan Gosselink, 2015). Daerah hulu biasanya berupa daerah konservasi, daerah ini umumnya mempunyai kerapatan drainase lebih besar, sementara daerah hilir DAS biasanya merupakan daerah yang banyak dimanfaatkan dan berada dekat dengan pemukiman dan muara laut. Pengamatan dan pemahaman mengenai kaitan hulu dan hilir adalah penting pada perencanaan daerah

aliran sungai yang komprehensif (Nepal et al., 2014) dan hal tersebut juga berlaku pada darah aliran sungai dengan keberadaan rawa di dalamnya.

Acreman & Holden, (2013), mengklasifikasikan rawa menjadi rawa di dataran tinggi (upland/hulu) dan rawa di dataran rendah/hilir dan mengidentifikasi beberapa variabel yang mempengaruhi rawa yaitu: (1) Lokasi dan konfigurasi bentang lahan, untuk rawa di hulu cenderung tergenang banjir potensi tampungan air kecil dan untuk rawa di hilir mempunyai potensi lebih besar untuk mengurangi banjir, (2) Topografi untuk rawa di hulu terletak di daerah rendah dekat dengan pemukiman dan untuk rawa hilir terletak dekat dengan laut dan muara sungai, (3) Karakteristik tanah ukuran butiran, kandungan organik dan konduktivitas hidraulik mempengaruhi kemampuan tanah menyerap air dan kecepatan, (4) Kondisi kelembaban tanah, keadaan sebelum hujan menentukan kemampuan meyerap air, pada rawa hulu curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan kondisi kelembaban tanah menjadi jenuh dan untuk rawa hilir relatif lebih kering dan tampungan airnya relatif lebih banyak. Namun tulisan Acreman & Holden (2013) ini belum menggambarkan secara detil bagaimana pengaruh-pengaruh tersebut terhadap hidrograf aliran secara khusus.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis dan kajian terhadap pustaka dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Karakteristik rawa ditentukan dari beberapa hal yaitu letak terhadap hulu dan hilir DAS, letak terhadap sistem perairan dan sistem darat dan cara suplai air serta hubungannya dengan air permukaan dan air tanah.
2. Formula dan analisa hidrologi yang dipakai di rawa dan gambut adalah formula hidrologi yang digunakan pada DAS tanpa rawa yang disesuaikan keadaannya dengan rawa sehingga berlaku neraca air untuk rawa dan gambut rawa. Analisa aliran di DAS seperti transformasi hujan menjadi aliran dapat digunakan formula hidrologi pada umumnya dengan beberapa penyesuaian.
3. Variabel rawa seperti letak dan bentang lahan, topografi, batuan dan tanah penyusun rawa serta kondisi kelembaban rawa memberi pengaruh tidak hanya pada kuantitas air di rawa akan tetapi juga aliran di DAS pada umumnya.

Penelitian tentang rawa memerlukan pemahaman mengenai kaitan keberadaan rawa dengan keadaan DAS di hulu dan pengaruh keberadaan rawa terhadap aliran di hilir. Perlu diteliti mengenai apakah keadaan hulu DAS berpengaruh terhadap naik turunnya air di rawa dan apakah naik turunnya air di rawa berpengaruh terhadap aliran di hilir DAS serta apakah ada perbedaan antara respon DAS di rawa sub tropis dengan DAS di rawa tropis.

DAFTAR ACUAN

Acreman, M. C., Fisher, J., Stratford, C. J., Mould, D. J., & Mountford, J. O. (2007). Hydrological science and wetland restoration: Some case studies from Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, *11*(1), 158–169. https://doi.org/10.5194/hess-11-158-2007

Acreman, M. C., & Miller, F. (2007). Hydrological impact assessment of wetlands. *International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS)*, 225–255. http://info.ngwa.org/servicecenter/shopper/ProductDetail.cfm?ProdCompanyPassed=ngw&ProdCdPassed=ngw-t1051

Acreman, M., & Holden, J. (2013). How wetlands affect floods. *Wetlands*, *33*(5), 773–786. https://doi.org/10.1007/s13157-013-0473-2

Ahmed, F. (2014). Cumulative Hydrologic Impact of Wetland Loss: Numerical Modeling Study of the Rideau River Watershed, Canada. *Journal of Hydrologic Engineering*, *19*(3), 593–606. https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000817

Ahmed, F. (2017). Influence of Wetlands on Black-Creek Hydraulics. *Journal of Hydrologic Engineering*, *22*(1), 1–12. https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0001401

Alaska Department of Fish and Game. (1992). *Wetland Classification, Inventory, and Assessment Methods: An Alaska Guide to their Fish and Wildlife Application*. 234.

Amal, N., Sujono, J., Jayadi, R., & Ohgushi, K. (2021). *Variability of Water Table Elevation and Flow Response of Tropical Peatland Case Study at Pulau Padang , Riau , Indonesia*. *22*(June), 135–141.

Amal, N., Sujono, J., & Jayadi, R. (2019). *Water Table Variability and Flow Response of Tropical Peatland - A Case Study*. *September*, 1–7.

Bengtson, M. L., & Padmanabhan, G. (1999). *Hydrologic Model for Assessing the Influence of Wetlands on Flood Hydrographs in the Red River Basin*. *November*, 60. http://ijc.org/rel/pdf/wetlandndsu.pdf

Bromberg, S. M. (1990). Identifying ecological indicators: An environmental monitoring and assessment program. *Journal of the Air and Waste Management Association*, *40*(7), 976–978.

https://doi.org/10.1080/10473289.1990.10466748

Bullock, A., & Acreman, M. (2003). The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences*, *7*(3), 358–389. https://doi.org/10.5194/hess-7-358-2003

Conference, I. (1998). Supervising Scientist Report 161. *Darwin*, *November*, 8–14.

Demissie, Misganaw, Akanbi, A., & Khan, A. (1997). *Hydrologic Modeling of Landscape Functions of Wetlands*. *April*, 49.

Farrier, D., & Tucker, L. (2000). *Wise use of wetland under the Ramsar Convention: A challenge for meaningful implementation of international law*. *12*(1), 21–42.

Ferrari, M. R., Miller, J. R., & Russell, G. L. (1999). Modeling the effect of wetlands, flooding, and irrigation on river flow: Application to the Aral Sea. *Water Resources Research*, *35*(6), 1869–1876. https://doi.org/10.1029/1999WR900035

Finlayson, C. M. (2001). Considerations for undertaking a wetland inventory. *2nd International Conference on Wetlands and Development*, *161*(Scott 1989), 11–22.

Glenn, E. P., Mexicano, L., Garcia-Hernandez, J., Nagler, P. L., Gomez-Sapiens, M. M., Tang, D., Lomeli, M. A., Ramirez-Hernandez, J., & Zamora-Arroyo, F. (2013). Evapotranspiration and water balance of an anthropogenic coastal desert wetland: Responses to fire, inflows and salinities. *Ecological Engineering*, *59*, 176–184. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.06.043

Grundling, P. L., Clulow, A. D., Price, J. S., & Everson, C. S. (2015). Quantifying the water balance of Mfabeni mire (Isimangaliso wetland park, South Africa) to understand its importance, functioning and vulnerability. *Mires and Peat*, *16*, 1–18.

Maltby, E., & Acreman, M. C. (2011). Services écosystémiques des zones humides: Éclaireur pour un nouveau paradigme. *Hydrological Sciences Journal*, *56*(8), 1341–1359. https://doi.org/10.1080/02626667.2011.631014

Mclaughlin, D. L., & Cohen, M. J. (2016). *Realizing ecosystem services : wetland hydrologic function along a gradient of ecosystem condition Author (s): Daniel L . McLaughlin and Matthew J . Cohen Published by : Wiley Stable URL : http://www.jstor.org/stable/23596786 Accessed : 30-06-2016 10 : . 23*(7), 1619–1631.

Meyer, A. J. (1998). Estimating the effect wetlands have on flood hydrograph through computer simulation. *Dissertation*, 274.

Michot, B., Meselhe, E. A., Rivera-Monroy, V. H., Coronado-Molina, C., & Twilley, R. R. (2011). A tidal creek water budget: Estimation of groundwater discharge and overland flow using hydrologic modeling in the Southern Everglades. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *93*(4), 438–448. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.05.018

Mitsch, William J, Gosselink, J. G. (2015). Wetlands Fifth Edition. In *Wi Ley* (Vol. 91, Issue 5).

Nepal, S., Flügel, W., & Shrestha, A. B. (2014). *Upstream-downstream linkages of hydrological processes in the Himalayan region*. 1–16.

Noor, M. (2007). Rawa Lebak, Ekologi, Pemanfaatan dan Pengembangannya. In *Raja Grafindo Persada, Jakarta*.

Nungesser, M. K., & Chimney, M. J. (2006). A hydrologic assessment of the Everglades Nutrient Removal Project, a subtropical constructed wetland in South Florida (USA). *Ecological Engineering*, *27*(4), 331–344. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.08.007

Ogawa, H., & Male, J. W. (1986). Simulating the Flood Mitigation Role of Wetlands. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *112*(1), 114–128. https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(1986)112:1(114)

Ramsar Convention Secretariat. (2010). Handbook 15 Wetland inventory: A Ramsar framework for wetland inventory and ecological character description. *Ramsar Handbooks for the Wise Use of Wetlands*, *15*, 79.

Reddy, K. R., & DeLaune, R. D. (2008). *Biogeochemistry of wetlands science and applications*.

Sandoval, E., Price, R. M., Whitman, D., & Melesse, A. M. (2016). Long-term (11 years) study of water balance, flushing times and water chemistry of a coastal wetland undergoing restoration, Everglades, Florida, USA. *Catena*, *144*, 74–83. https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.05.007

Schwerdtfeger, J., Weiler, M., Johnson, M. S., & Couto, E. G. (2014). Estimation des composantes du bilan hydrique en saison sèche des lacs des zones humides tropicales du Pantanal (Brésil). *Hydrological Sciences Journal*, *59*(12), 2158–2172. https://doi.org/10.1080/02626667.2013.870665

Scott, A. D. A., & Jones, T. A. (2015). *Classification and Inventory of Wetlands: A Global Overview Author(s): D. A. Scott and T. A. Jones Source: 118*(1), 3–16.

Simonovic, S. P., & Juliano, K. M. (2001). The role of wetlands during low frequency flooding events in the Red River basin. *Canadian Water Resources Journal*, *26*(3), 377–397. https://doi.org/10.4296/cwrj2603377

Spiers, A. G. (2001). Wetland inventory: Overview at a global scale. *2nd International Conference on Wetlands and Development*, *161*, 23–30.

Sullivan, P. L., Price, R. M., Schedlbauer, J. L., Saha, A., & Gaiser, E. E. (2014). The influence of hydrologic restoration on groundwater-surface water interactions in a Karst Wetland, the Everglades (FL, USA). *Wetlands*, *34*(SUPPL. 1). https://doi.org/10.1007/s13157-013-0451-8

Szporak-Wasilewska, S., Piniewski, M., Kubrak, J., & Okruszko, T. (2015). What we can learn from a

wetland water balance? Narew National Park case study. *Ecohydrology and Hydrobiology*, *15*(3), 136–149. https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2015.02.003

Wardrop, D. H., Kentula, M. E., Jensen, S. F., Stevens, D. L., Hychka, K. C., & Brooks, R. P. (2007). Assessment of wetlands in the upper juniata watershed in Pennsylvania, USA using the hydrogeomorphic approach. *Wetlands*, *27*(3), 432–445. https://doi.org/10.1672/0277-5212(2007)27[432:AOWITU]2.0.CO;2

Whitfield, P. H., St-Hilaire, A., & Van Der Kamp, G. (2009). Improving hydrological predictions in peatlands. *Canadian Water Resources Journal*, *34*(4), 467–478. https://doi.org/10.4296/cwrj3404467

Zapata-Rios, X., & Price, R. M. (2012). Évaluations des apports d'eaux souterraines vers une zone humide côtière à l'aide de techniques multiples: Taylor Slough, Everglades National Park, USA. *Hydrogeology Journal*, *20*(8), 1651–1668. https://doi.org/10.1007/s10040-012-0907-6

Halaman ini sengaja dikosongkan