

ANALISIS LIMPASAN PERMUKAAN DAN PEMAKSIMALAN RESAPAN AIR HUJAN DI DAERAH TANGKAPAN AIR (DTA) SUNGAI BESAR KOTA BANJARBARU UNTUK PENCEGAHAN BANJIR

Sri Rohyanti¹, Ichsan Ridwan¹, Nurlina¹

ABSTRAK. Perkembangan pembangunan yang begitu pesat cenderung menyebabkan semakin banyaknya alih fungsi lahan yang berganti menjadi bangunan gedung-gedung dan permukiman baru yang berakibat pada semakin berkurangnya area resapan air. Air hujan yang tidak dapat meresap secara langsung ke dalam tanah akan menjadi limpasan. Limpasan yang tidak tertangani dengan baik akan menimbulkan berbagai masalah bagi masyarakat, terutama adalah banjir. Solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan banjir terutama untuk daerah permukiman padat atau yang mempunyai lahan resapan air hujan yang minim dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi biopori. Penelitian ini menganalisis limpasan dan pemaksimalan resapan air hujan di daerah tangkapan air sungai besar Kota Banjarbaru yang bertujuan menganalisa jumlah limpasan permukaan dan menentukan jumlah lubang resapan biopori yang diperlukan untuk mencegah banjir. Metode yang digunakan adalah metode analisis yang meliputi pengolahan data sekunder dari instansi dan data primer dari interpretasi citra dan pengukuran lapangan. Analisis spasial menggunakan *overlay* pada sistem informasi geografis. Hasil penelitian ini menunjukkan debit limpasan di DTA Sungai Besar adalah 21,88 m³/detik atau m³/jam dengan potensi banjir sebesar 47.963,01 m³. Diperlukan 48.454 Lubang Biopori untuk luas DTA Sungai Besar 1399,44 ha atau 33 sampai 36 Lubang Biopori per hektar.

Kata Kunci: SIG, DTA Sungai Besar, Limpasan Permukaan, Biopori

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan yang begitu pesat cenderung menimbulkan masalah baru di suatu wilayah bila dalam perencanaannya tidak memperhitungkan keadaan cuaca. Kondisi demikian juga terjadi di Banjarbaru. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya jumlah gedung dan permukiman-permukiman baru, sehingga berakibat pada semakin berkurangnya area resapan air hujan. Sebagian besar air hujan yang turun ke bumi tidak dapat meresap secara langsung ke dalam tanah dan akhirnya

menjadi limpasan (*runoff*) atau yang sering disebut dengan air permukaan. Limpasan air hujan yang tidak tertangani dengan baik akan menimbulkan berbagai masalah bagi masyarakat, terutama adalah banjir. Dampak negatif dengan berubah atau hilangnya daerah resapan adalah tidak dapat menahan laju aliran air akibat curah hujan sehingga menyebabkan genangan air atau bahkan banjir. Bahaya banjir pada kawasan perumahan sering terjadi akibat perubahan tata guna lahan dari area resapan menjadi area kedap air. Solusi

¹Program Studi Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat

yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan banjir terutama untuk daerah pemukiman padat atau yang mempunyai lahan resapan air hujan yang minim dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi biopori.

Teknologi biopori ini dapat mengurangi limpasan air hujan dengan meresapkan lebih banyak volume air hujan ke dalam tanah sehingga meminimalkan kemungkinan terjadinya banjir. Penelitian diharapkan dapat menjadi solusi dalam upaya pencegahan banjir dan juga menjadi satu upaya mendorong pembangunan yang berkelanjutan.

Tujuan Penelitian ini adalah menganalisa jumlah limpasan permukaan dan menentukan jumlah lubang resapan biopori yang diperlukan untuk mencegah banjir akibat curah hujan di daerah tangkapan air yang selanjutnya disebut DTA di Sungai Besar Banjarbaru.

TINJAUAN PUSTAKA

Kondisi Wilayah Penelitian

Secara geografis Kota Banjarbaru terletak antara 3° 25' 40"-3° 28' 37" Lintang Selatan dan 114° 41' 22"-114° 54' 25" Bujur Timur. Posisi geografis Kota Banjarbaru adalah 35 km pada arah 296°30' sebelah tenggara Kota Banjarmasin yang merupakan ibu kota

Provinsi Kalimantan Selatan. Kota Banjarbaru sesuai dengan Undang-Undang No. 9 Tahun 1999 memiliki wilayah seluas ±371,38 km² atau hanya 0,88% dari luas wilayah Provinsi Kalimantan Selatan. Banjarbaru ditunjang oleh dua buah Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai *catchment area*, yaitu DAS Barito/Riam Kanan dan DAS Maluka.



Gambar 1. Peta Daerah Tangkapan Air Sungai Besar

Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan merupakan air hujan yang tidak dapat ditahan oleh tanah, vegetasi atau cekungan dan akhirnya mengalir langsung ke sungai atau laut. Besarnya nilai aliran permukaan sangat menentukan besarnya tingkat kerusakan akibat erosi maupun banjir. Besarnya nilai aliran permukaan dipengaruhi oleh curah hujan, vegetasi (penutup lahan), adanya bangunan penyimpan air dan faktor lainnya.

Limpasan permukaan atau aliran

permukaan juga merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah dan mengangkut partikel-partikel tanah. Limpasan terjadi karena intensitas hujan yang jatuh di suatu daerah melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah (*surface runoff*). Jika aliran air terjadi di bawah permukaan tanah disebut juga sebagai aliran di bawah permukaan dan jika yang terjadi adalah aliran yang berada di lapisan akuifer (air tanah), maka disebut aliran air tanah. Air limpasan permukaan dibedakan menjadi *sheet* dan *rill surface runoff* akan tetapi jika aliran air tersebut sudah masuk ke sistem saluran air atau kali, maka disebut sebagai *stream flow runoff* (Asdak, 2010).

Metode Rasional

Metode Rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Suatu DAS disebut DAS kecil apabila distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam suatu ruang dan waktu,

dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi. Metode Rasional dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan.

Data untuk penentuan debit banjir pada penelitian ini adalah data curah hujan, dimana curah hujan merupakan salah satu dari beberapa data yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana dengan persamaan rasional, seperti berikut (Suripin, 2004):

$$Q = C.I.A \quad (1)$$

Keterangan:

Q = laju aliran (debit) puncak (m^3/detik)

C = koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I = intensitas curah hujan (m/detik)

A = luas DAS (m^2)

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh daerah tangkapan hujan ke saluran keluar (outlet) atau waktu yang di butuhkan oleh air dari awal curah hujan sampai terkumpul serempak mengalir ke saluran keluar (outlet). Waktu konsentrasi ($t_c = t_0 - t_d$) terdiri dari:

- a. *Inlet time* (t_0) adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di muka tanah menuju saluran drainase.

b. *Conduct time* (t_d) adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir disepanjang saluran. (Hasmar, 2002)

Salah satu metode yang digunakan untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) sebagaimana berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (2)$$

Keterangan :

t_c = waktu konsentrasi dalam jam

L = Panjang sungai dalam km

S = Kemiringan sungai

Infiltrasi

Infiltrasi adalah aliran masuknya air kedalam tanah sebagai akibat gaya kapiler (gerakan air kearah vertikal). Setelah tanah lapisan atas jenuh, kelebihan air tersebut mengalir ke tempat yang lebih dalam sebagai akibat gaya gravitasi bumi yang dikenal sebagai proses perkolasi. Laju maksimal gerakan air masuk kedalam tanah dinamakan kapasitas infiltrasi. Ketika air hujan jatuh pada permukaan tanah, tergantung pada kondisi biofisik permukaan, sebagian atau seluruh air hujan tersebut akan masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah. Proses mengalirnya air hujan ke dalam tanah disebabkan gaya gravitasi

dan gaya kapiler tanah. Laju infiltrasi yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dibatasi oleh besarnya diameter pori-pori tanah (Asdak, 2002).

Diantara arti penting dari infiltrasi adalah dimana daya infiltrasi menentukan banyaknya air hujan yang dapat diserap kedalam tanah. Makin besar daya infiltrasi, perbedaan antara intensitas hujan dengan daya infiltrasi menjadi makin kecil. Akibatnya limpasan permukaan makin kecil, sehingga debit puncaknya juga akan lebih kecil. Perpindahan air dari atas ke dalam permukaan tanah baik secara vertikal maupun secara horizontal disebut infiltrasi. Banyaknya air yang terinfiltrasi dalam satuan waktu disebut laju infiltrasi. Besarnya laju infiltrasi (f) dinyatakan dalam mm/jam atau mm/hari.

Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi–informasi geografi. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek dan fenomena dimana daerah geografi merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian, SIG merupakan sistem

komputer yang memiliki empat kemampuan dalam menangani data yang bereferensi geografi, yaitu masukan, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), analisis dan manipulasi data, dan keluaran (Aronoff, 1989). Sedangkan menurut Gistut (1994), SIG adalah sistem yang dapat mendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. SIG yang lengkap mencakup metodologi dan teknologi yang diperlukan, yaitu data spasial perangkat keras, perangkat lunak dan struktur organisasi.

Salah satu keunggulan GIS adalah kemampuannya untuk menghasilkan sebuah peta tematik sebagai hasil analisisnya. Peta tematik yang dihasilkan selain dapat ditampilkan pada monitor komputer pada saat analisis selesai dilakukan, dapat juga disimpan dan dipanggil lagi saat diperlukan, dan dicetak di atas kertas setelah dilakukan penyesuaian terhadapnya. Karena informasi parameter tumpang tindih kegiatan dan lahan ini disajikan dalam bentuk peta, maka diperlukan satuan pemetaan (*mapping unit*) yang digunakan sebagai acuan keruangan (*spasial reference*).

Manfaat dari satuan pemetaan ini yang pertama adalah digunakan untuk mengaitkan parameter lahan yang tidak memiliki acuan keruangan secara langsung, sehingga parameter tersebut bisa dipetakan, sedangkan yang kedua adalah untuk memudahkan dalam proses skoring karena skor parameter ini akan dilakukan ke dalam tiap satuan pemetaan.

Teknologi Biopori

Biopori menurut Griya (2008) adalah lubang-lubang kecil pada tanah yang terbentuk akibat aktivitas organisme dalam tanah seperti cacing atau pergerakan akar-akar dalam tanah. Lubang tersebut akan berisi udara dan menjadi jalur mengalirnya air. Jadi air hujan tidak langsung masuk ke saluran pembuangan air, tetapi meresap ke dalam tanah melalui lubang tersebut.

Lubang Resapan Biopori menurut Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.70/Menhut-II/2008/Tentang Pedoman Teknis Rehabilitasi Hutan dan Lahan, adalah lubang-lubang di dalam tanah yang terbentuk akibat berbagai aktivitas organisme di dalamnya, seperti cacing, perakaran tanaman, rayap, dan fauna tanah lainnya. Lubang-lubang yang terbentuk akan terisi udara dan akan menjadi tempat berlalunya air di dalam

tanah. Lubang resapan biopori adalah lubang silindris yang dibuat secara vertikal ke dalam tanah dengan diameter 10-30 cm dan kedalaman sekitar 100 cm, atau dalam kasus tanah dengan permukaan air tanah dangkal, tidak sampai melebihi kedalaman muka air tanah. Lubang diisi dengan sampah organik untuk memicu terbentuknya biopori. Biopori adalah pori-pori berbentuk lubang (terowongan kecil) yang dibuat oleh aktivitas fauna tanah atau akar tanaman, menunjukkan penampang dari lubang resapan biopori.



Gambar. 2 Sketsa Penampang Lubang Resapan Biopori

Mekanisme Biopori

Teknologi biopori bisa diaplikasikan di kawasan perumahan yang 100 persen kedap air atau sama sekali tidak ada tanah terbuka maupun di areal persawahan yang berlokasi di kawasan perbukitan. Prinsip dari teknologi ini adalah menghindari air hujan mengalir ke daerah yang lebih

rendah dan membiarkannya terserap ke dalam tanah melalui lubang resapan tersebut. Salah satu faktor penyebab banjir adalah air hujan yang mengguyur wilayah hulu tidak bisa diserap dengan baik karena berkurangnya pepohonan dan banyaknya bangunan, sehingga wilayah hilir kebanjiran. Dinamakan teknologi biopori atau mulsa vertikal karena teknologi ini mengandalkan jasa hewan-hewan tanah seperti cacing dan rayap untuk membentuk pori-pori alami dalam tanah, dengan bantuan sampah organik, sehingga air bisa terserap dan struktur tanah diperbaiki.

Di kawasan perumahan yang kedap air, teknologi lubang serapan biopori ini diterapkan dengan membuat lubang di saluran air ataupun di areal yang sudah terlanjur diperkeras dengan semen dengan alat bor. Kemudian ke dalam lubang berdiameter 10 cm dengan kedalaman 80 cm atau maksimal satu meter tersebut, dimasukkan sampah organik yang bisa berupa daun atau ranting kering serta sampah rumah tangga. Keberadaan sampah organik ini berfungsi untuk membantu menghidupkan cacing tanah dan rayap yang nantinya akan membuat biopori.

Jumlah lubang biopori (LRB) yang perlu dibuat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

$$\sum LRB = \frac{I \times A}{v} \quad (3)$$

dengan I sebagai intensitas hujan (mm/jam), A sebagai luas bidang kedap (m^2), dan v sebagai laju resapan air per lubang (liter/jam).

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan adalah data sekunder yang diperoleh dari lembaga pemerintahan dan mengunduh dari internet. Dalam kaitan mengenai judul penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data-data seperti citra ikonos Kota Banjarbaru perekaman 2015, peta land system, peta RTRWK, citra satelit TRMM, data aster GDEM V2 dan data pengukuran luas penampang sungai.

Pengolahan Data

Analisis data terdiri atas pengolahan data spasial dan data atribut, data spasial dan data atribut yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari citra ikonos Kota Banjarbaru perekaman 2015, peta land system, peta RTRWK, citra satelit TRMM, data aster GDEM V2 dan data pengukuran luas penampang sungai. Data-data yang telah diperoleh dari proses pengumpulan data, akan diolah untuk mendapatkan permodelan-permodelan dalam mengidentifikasi

runoff. Proses dalam analisis menggunakan software ArcGIS yang meliputi menampilkan data, overlay, editing data, layout dan export map adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan peta.

a. Pembuatan Peta Tutupan Lahan

Pembuatan peta tutupan lahan dengan interpretasi dan digitasi pada citra ikonos sebagai data dasar untuk memperoleh peta tutupan lahan. Interpretasi dilakukan dengan menggunakan unsur-unsur interpretasi untuk mendapatkan kelas tutupan lahan. Masing-masing tutupan lahan dideliniasi membentuk *polygon* dengan proses digitasi, setelah selesai digitasi masing-masing kelas tutupan lahan diberikan nama sesuai unsurnya.

b. Peta Kemiringan Lereng

Peta kemiringan lahan diperoleh dari Peta kemiringan lereng yang merupakan data sekunder dari Bappeda.

c. Peta Jenis Tanah

Peta Jenis Tanah diperoleh dari Peta *land system* merupakan data sekunder dari Bappeda.

d. Intensitas Curah Hujan

Nilai intensitas hujan pada penelitian ini diperoleh dari data

satelit TRMM yang diperoleh dengan mengunduh sebagaimana langkah berikut:

1. Menentukan *area of interest* (AOI) berupa *bounding box*, yakni berupa kotak *imager* yang meliputi area wilayah yang ingin diketahui data curah hujannya.
2. Membuka link TRMM (untuk mengunduh data satu kawasan, kunjungi online Visualization and Analysis System (TOVAS) di http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMM_V7.3B42.2.shtml
3. Pilih tipe data, Terdapat banyak tipe data hasil derivasi dari satelit TRMM. Untuk keperluan pada penelitian ini pilih data curah hujan per 3 jam. Pilih *3 - hourly TRMM and otherrainfall estimate (3B42 V7)*
4. Masukkan koordinat *bounding box* yang sudah disiapkan pada Langkah 1

e. Daerah Tangkapan Air

Data Aster GDEM di unduh melalui global mapper. Dengan menu *terrain analysis* dan memilih *generate watershed* kita akan dapatkan pola aliran, batas dan luas daerah tangkapan air.

f. Koefisien limpasan

Dengan teknik *overlay* untuk peta tutupan lahan, peta kemiringan lereng dan peta jenis tanah akan diperoleh nilai koefisien limpasan atau koefisien aliran. Penjumlahan (penggabungan) nilai pada masing-masing bobot pada atribut yang tersaji pada peta tutupan lahan, peta kemiringan lereng dan jenis tanah yang kemudian akan menghasilkan nilai koefisien limpasan.

g. Debit Limpasan

Perhitungan debit limpasan dilakukan menggunakan metode rasional setelah nilai koefisien limpasan, intensitas hujan dan luas area diketahui dengan menggunakan persamaan 1.

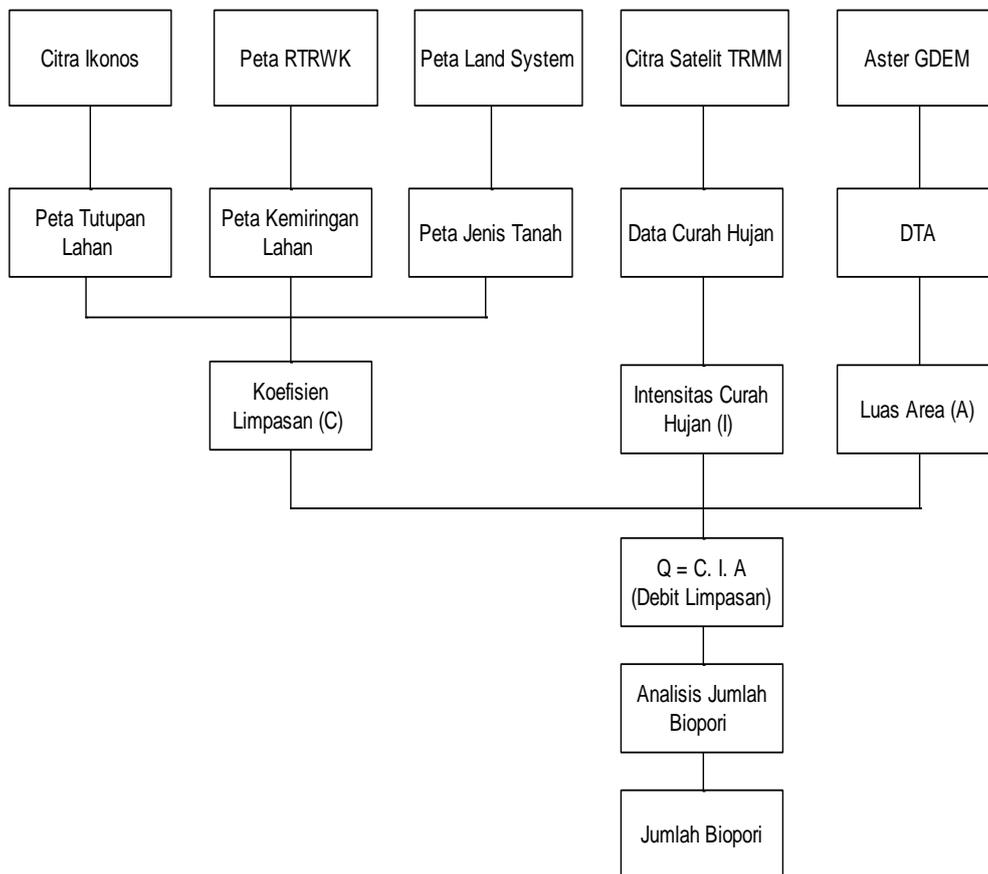
h. Analisis Jumlah Biopori

Analisis jumlah biopori merupakan penggabungan dari keseluruhan prosedur-prosedur dalam penelitian ini. Setelah semua data-data yang dibutuhkan terlengkapi dan selanjutnya dengan meng-*overlay* (tumpang susun) data peta yang merupakan penggabungan *file-file* data yang tersedia. Dalam analisis jumlah biopori ini data pengukuran lapangan seperti luas penampang

sungai, panjang sungai, dan daya tampung sungai menjadi parameter perhitungan. Mulai dari mengetahui besar elevasi hulu dan hilir sungai, kemudian beda tinggi sungai, panjang sungai, kemiringan sungai, waktu konsentrasi, volume debit limpasan per hari, volume debit limpasan per waktu konsentrasi, pontensi banjir, laju infiltrasi per waktu konsentrasi, volume per waktu konsentrasi (per

lubang biopori) hingga diperoleh jumlah biopori keseluruhan dan jumlah biopori per hektar. Analisis ini dapat dilakukan perhitungan manual dengan menggunakan *excel* yang mengacu pada persamaan-persamaan yang diperlukan dalam penelitian ini.

Secara umum prosedur penelitian diperlihatkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui proses digitasi dan interpretasi diperoleh hasil klasifikasi dan luas DTA Sungai Besar adalah

1.397,18 ha dengan kalsifikasi penggunaan lahan tanpa tanaman seluas 1.133,47 ha, lahan Pertanian 13,68 ha, Padang Rumput 138,30 dan

hutan 111,74 ha. Berdasarkan klasifikasi kemiringan yang dilakukan melalui pengolahan Peta *Land System* Kota Banjarbaru untuk kawasan DTA Sungai Besar yang menjadi objek penelitian merupakan kawasan yang datar dan bergelombang dengan nilai koefisien aliran (C) sebesar 0,08. Jenis tanah yang masuk klasifikasi lempung berpasir yang terdapat di DTA Sungai Besar ini sendiri merupakan jenis tanah yang memiliki nilai koefisien aliran sebesar 0,08 dan memiliki laju resapan 147,32 liter/jam. Nilai yang diperoleh dari data satelit TRMM dalam penelitian ini merupakan curah hujan harian maksimum tahun 2005- 2014, yakni sebesar 38,28 mm/jam. Nilai debit limpasan yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebanyak 21,88 m³/det atau 78.768 m³/jam.

Diketahui data elevasi hulu sungai adalah 44 m dan elevasi hilir sungai adalah 10 m angka ini diperoleh melalui pengukuran data lapangan. Dari kedua nilai elevasi ini akan diperoleh beda tinggi elevasi Sungai sebesar 34 m. Dengan panjang sungai 7.753,02 m maka diperoleh angka kemiringan rata-rata 0,0044 m. Berdasarkan data ini pula waktu konsentrasi (tc) akan diperoleh. Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh pada permukaan tanah dan

mengalir sampai di satu titik di saluran drainase terdekat. Hasil perhitungan waktu konsentrasi (tc) di hitung menggunakan Persamaan (2), dan diperoleh waktu konsentrasi adalah 2,5921 jam. Dengan nilai debit limpasan 21,88 m³/detik atau 78.768 m³/jam dapat diketahui pula jumlah volume air perhari sebanyak 1.890.432 m³ sedangkan jumlah volume per waktu konsentrasi keseluruhan diketahui dari waktu konsentrasi dengan debit limpasan per jam adalah sebanyak 204.176,60 m³. Daya tampung sungai yang diketahui sebesar 156.213,58 m³ dikurang volume per waktu konsentrasi akan menjadi nilai potensi banjir. Dari pengurangan keduanya diperoleh nilai potensi banjir sebesar 47.963,01 m³.

Jenis tanah ordo entisol yang terdapat pada DTA Sungai Besar memiliki laju resapan 147,32 ltr/jam. Dari nilai laju resapan biopori dan waktu konsentrasi diperoleh laju infiltrasi yang merupakan banyaknya air yang terinfiltrasi dalam satuan waktu sebesar 0,3818 m³/jam. Selanjutnya volume per waktu konsentrasi dapat diperoleh dengan menghitung perkalian antara waktu konsentrasi dengan laju infiltrasi sebesar 0,9898 m³. Sehingga secara keseluruhan banyaknya biopori yang diperlukan di DTA Sungai Besar dengan luas 1.399,44 ha sebanyak

48.454 lubang. Jumlah ini diperoleh dari pembagian jumlah potensi banjir dengan volume per konsentrasi waktu lubang

biopori. Maka dapat pula dihitung jumlah biopori dalam tiap hektar berkisar antara 33 sampai 36 lubang.

Tabel 1. Analisis Perhitungan Jumlah Biopori

No	Sub DTA	Luas (ha)	Qc	% Qc	Jumlah Biopori	Jumlah Biopori/ ha
1	DTA 1	473,97	7,51	34,32	16.631	36
2	DTA 2	181,29	2,87	13,12	6.356	36
3	DTA 3	340,10	5,39	24,63	11.936	36
4	DTA 4	127,61	2,02	9,23	4473	36
5	DTA 5	276,46	4,09	18,69	9.057	33

KASIMPULAN

1. Limpasan permukaan merupakan air hujan yang tidak dapat ditahan oleh tanah, vegetasi atau cekungan dan akhirnya mengalir langsung ke sungai atau laut. Besarnya nilai aliran permukaan sangat menentukan besarnya tingkat kerusakan akibat erosi maupun banjir. Besarnya limpasan permukaan di DTA sungai besar 21,88 m³/detik atau 78.768 m³/jam dan memiliki potensi banjir 47.963,01 m³.
2. Secara keseluruhan jumlah biopori yang diperlukan di DTA Sungai Besar dengan potensi banjir sebesar 47.963,01 m³ dan volume per waktu konsentrasi 0,9898 m³ adalah sebanyak 48.454 lubang. Dengan luas DTA sebesar 1399,44 ha maka di peroleh jumlah biopori/ ha sebanyak 33 sampai 36 lubang.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gajah Mada Universty Press, Yogyakarta
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Edisi ke-3. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Aronoff, S. 1989. *Geographic Information System: A.Managemnet Perspektive*. WDL Publication. Ottawa,Canada.
- Brata R K. 2009. Lubang Resapan Biopori untuk Mitigasi Banjir, Kekeringan dan Perbaikan. *Prosiding Seminar LubangBiopori (LBR) dapat MengurangiBahaya banjir di Gedung BPPT2009*. Jakarta.
- Feidas, H. 2010. Validation of satellite rainfall products over Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 99. 193–216.
- Ginting, R., 2010. *Laju Resapn Air Pada Berbagai Jenis Tanah Dan Berat Jerami Dengan Menerapkan Teknologi Biopori Di Kacamatan*

- Medan Amplas. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Girsang, F. 2008. *Analisis Curah Hujan Untuk Pendugaan Debit Puncak Dengan Metode Rasional Pada Das Belawan Kabupaten Deli Serdang*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Griya. 2008. *Mengenal dan Memanfaatkan Lubang Biopori*. <http://kumpulan.info/rumah/tips-rumah/52-mengenal-dan-memanfaatkan-lubang-biopori.html>. Diakses pada tanggal 8 September 2015
- Haan, C.T., Johnson, and D.L. Brakensiek. 1982. *Hydrologic Modeling of Small Watershed*. An ASAE Monograph. Michigan.
- Haryani, N. S., J. N. Pasaribu., dan D. O. Ambarwati. 2012. Model Simulasi Banjir Menggunakan Data Pengindraan Jauh Studi Kasus Kabupaten Sampang Menggunakan Metode *Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis*. *Jurnal Pengindraan Jauh*. 9 (2): 90-101.
- Hassing, J. M. 1995. *Hydrology In Highway And Traffic Engineering Developing Countries*. Thegesen. London.
- Hilwatullisan. 2009. *Lubang Resapan Biopori (LRB) Pengertian Dan Cara Membuatnya Di Lingkungan Kita*. Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Kesuma, R. W. 2011. *Studi Pemaksimalan resapan Air Hujan Menggunakan Lubang Resapan Biopori Untuk Mengatasi Banjir*. Fakultas ilmu dan Teknologi Kebumihan. ITB.
- Kirpich, Z.P. 1940. *Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds*. *Civil Engineering* 10 (6). 362. The Original Source for the Kirpich Equation.
- Kooman, E., J. Stillwell, A. Bakema, and H.J. Scholten. 2007. *Modelling Land-Use Change Progress and Application*. Springer. The Netherlands.