

STUDI POTENSI TAMPUNGAN HULU DPS SUNGAI SAMPEAN UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DAN PENYEDIAAN AIR BERSIH

STUDY ON POTENTIAL CATCHMENT OF SAMPEAN RIVER UPPER WATERSHED AS FLOOD CONTROL AND SOURCE OF WATER SUPPLY

Umboro Lasminto*, Fifi Sofia, Butyliasri, dan Listya Hery Mularto
Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS
***e-mail: umboro@ce.its.ac.id**

Abstract

Floods in Kabupaten Situbondo and Bondowoso were caused by overtopping of Sampean River. This paper discusses a study on control of Sampean River by utilizing the potential upstream reservoir. The upper reservoir was used to receive part of the rain water, so that the discharge to the main river could be reduced and the stored water can be used as water resource and water conservation. The discharge through the Sampean River was much greater than the flow capacity. The results of the survey and analysis indicated that eleven locations were potential for reservoir. These locations were dam sized sites in the main river, and ten locations in the tributaries of small dam size. The Tasnan dam had a potential water storage capacity up to 3.1 million m³, whereas the small dams were of 100,000 to 500,000 m³. By analyzing the 50-year raining return period, the Tasnan dam potentially reduced the flood as much as 99.5 m³/s. The small dams of Walidono 1, Walidono 2, and Cangkring can reduce the discharge up to 5.9, 3.9, and 2.2 m³/s, respectively. Meanwhile, the small dams of Mandiro, Sololembu, Pandak, Pakis, Gubri 1, Gubri 2, and Cabang only had very small potential capacities in reducing the flood.

Keywords: flooding, Sampean River, reservoir, dam, small dam

1. PENDAHULUAN

Bencana banjir telah terjadi beberapa kali di kedua wilayah Kabupaten Situbondo dan Bondowoso, yang diakibatkan oleh meluapnya air Kali Sampean. Banjir tersebut terjadi akibat curah hujan tinggi dan kondisi Daerah Pengaliran Sungai (DPS) yang menyebabkan debit banjir jauh lebih besar dibanding kapasitas alir sungai. Upaya memperbesar kapasitas alir sungai menemui banyak kendala karena di sepanjang tepi kanan dan kiri sungai telah banyak dimanfaatkan untuk pemukiman dan kegiatan. Bentuk DPS Kali Sampean cenderung menyerupai mangkok. Hal ini menyebabkan debit puncak dari masing-masing sub DPS mengalir sampai ke sungai utama dalam waktu hampir bersamaan. Topografi yang

cukup terjal di hulu menyebabkan waktu konsentrasi aliran debit banjir pendek. Kondisi tersebut menyebabkan banjir di Kali Sampean bersifat banjir bandang. Debit banjir datang dalam waktu cepat dengan *magnitude* besar tetapi tidak berlangsung lama. Berdasarkan karakteristik dari banjir bandang, penanganan untuk menurunkan besarnya debit banjir adalah dengan memperbesar waktu konsentrasinya. Salah satu upaya memperbesar waktu konsentrasi adalah dengan menampung air sementara di hulu sebelum mengalir ke sungai utama. Tampungan-tampungan air ini dapat berupa reservoir, waduk, kolam retensi maupun embung. Konsepnya adalah air hujan yang jatuh di DPS ditampung sementara. Kelebihan air hujan dari kapasitas tampung waduk/reservoir akan melimpah dan dialirkan ke sungai. Berdasarkan konsep ini, debit yang

mengalir ke sungai lebih kecil. Hal ini dikarenakan air yang mengalir adalah kelebihan dari tampungan. Selain itu, debit puncak dari masing-masing sub DPS tidak mengalir secara bersamaan ke sungai utama.

Konsep dari drainase konvensional adalah mengalirkan air buangan secepatnya ke hilir (laut). Konsep ini perlu direvisi, dengan mengalirkan secara alamiah (lambat) ke hilir sehingga tidak menimbulkan banjir di hilir. Yang dimaksud dengan memperlambat pengaliran adalah dengan menampung sebagian air hujan di hulu dan kemudian mengatur alirannya ke hilir. Penampungan dapat dilakukan dengan adanya kolam retensi, embung, waduk atau tampungan lainnya. Adanya tampungan, akan mempengaruhi debit banjir. Semua debit banjir dari daerah alirannya tidak langsung mengalir ke sungai utama tetapi sebagian akan tertampung. Hubungan ini dapat digambarkan dengan persamaan penelusuran banjir melalui reservoir sebagai berikut :

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

di mana :

I = debit *inflow* (m³/detik)

O = debit *outflow* (m³/detik)

S = perubahan tampungan (m³)

t = perubahan waktu (detik)

Persamaan (1) dapat ditulis dalam bentuk:

$$I \cdot \Delta t + O \cdot \Delta t = \Delta S \quad (2)$$

Bila I dan O merupakan debit rata-rata *inflow* dan *outflow* selang waktu Δt , maka persamaan (2) dapat ditulis menjadi :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \left(S_1 - \frac{Q_1}{2} \Delta t \right) = \left(S_2 + \frac{Q_2}{2} \Delta t \right) \quad (3a)$$

atau

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \left(\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right) = \left(\frac{S_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2} \right) \quad (3b)$$

Δt dapat ditentukan jika I_1 dan I_2 diketahui dari hidrograf debit *inflow*. Bila S_1 merupakan volume tampungan awal, maka besarnya S_2 dan Q_2 dapat dihitung dengan bantuan hubungan antara S_1 , Q_1 , S_2 , dan Q_2 dengan tinggi air di atas pelimpah (H).

Konsep tampungan hulu telah banyak diteliti untuk mereduksi debit banjir di banyak daerah aliran sungai. Penelitian-penelitian tersebut di antaranya adalah model *reservoir routing* dilakukan untuk mengetahui pengaruh bendung pada sungai untuk mereduksi debit puncak banjir di Sungai Rhine (Lammersen *et al.*, 2002), membandingkan metoda gelombang kinematik (*kinematic wave*) dan penelusuran banjir melalui reservoir pada daerah aliran sungai di perkotaan (Xiong dan Melching, 2005). Model ini juga dapat digunakan untuk penelusuran banjir yang melalui bendungan untuk meneliti tampungan dan pengaruhnya masing-masing (Samani *et al.*, 2007).

Permasalahan banjir harus diselesaikan dengan memadukan berbagai pendekatan penyelesaian struktural dan non struktural. Pendekatan penyelesaian struktural seperti pembangunan waduk, sudetan, tanggul, dan bangunan pengontrol banjir lainnya. Pendekatan dengan penyelesaian non struktural seperti konservasi DPS, peringatan dini dan lainnya. Pendekatan yang dilakukan harus terintegrasi dengan meningkatkan fungsi dari DPS secara keseluruhan mulai dari hulu sampai hilir (World Meteorological Organization, 2004).

Metoda yang telah berkembang pada saat ini untuk mengatasi banjir dan kekeringan adalah dengan metoda memanen hujan (*rain water harvesting*). Memanen hujan dapat didefinisikan sebagai upaya menampung air hujan untuk memenuhi kebutuhan air bersih atau dengan meresapkan air hujan ke dalam tanah. Banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau dapat ditanggulangi. Penampungan air dapat dilakukan pada skala kecil seperti tandon-tandon air dan kolam kecil maupun dalam skala besar, seperti

embung atau waduk. Penelitian juga dilakukan untuk mengetahui sensitivitas dari sebuah sistem memanen hujan tentang hubungan kapasitas, hasil dan reabilitasinya pada variasi metoda permodelan yang digunakan. Penelitian akan difokuskan pada komponen tampungan dan kebutuhan dari sebuah reservoir tunggal (Mitchel *et al.*, 2008).

Metoda memanen hujan secara sederhana sudah dipraktekkan oleh nenek moyang bangsa Indonesia. Rumah tangga dahulu mempunyai kolam dan *jogangan* yang juga digunakan untuk memelihara ikan, tempat sampah organik atau merendam kayu (Maryon, 2005). Di samping itu konstruksi kolam resapan dapat dibangun di areal pemukiman. Limpasan air hujan dari suatu kawasan pemukiman ditampung di kolam tersebut untuk diresapkan atau dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Perkembangan terakhir di negara maju yang dapat dilihat di *International Exhibition on Water and Wastewater* di Munich, Jerman, pada tanggal 24-29 April 2005, mulai ada tren untuk membuat kolam tandon air hujan skala rumah tangga. Air tersebut digunakan untuk keperluan mengepel, mencuci mobil, untuk menyiram tanaman, menggelontor toilet. Bahkan ada tandon air yang dilengkapi sekaligus dengan perangkat pengolahan air mini. Dalam sistem ini, seluruh air hujan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan air minum.

Debit aliran dari suatu DPS perlu dihitung tanpa dan dengan tampungan untuk membandingkan pengaruh adanya tampungan yang dapat mereduksi debit banjir. Perhitungan debit yang keluar dari sebuah tampungan di DPS dapat dilakukan penelusuran banjir melalui reservoir dengan bantuan program komputer. *Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS) adalah sebuah program komputer yang didesain untuk mensimulasi proses dari hujan menjadi aliran permukaan dalam sebuah sistem daerah

aliran. Model HEC HMS telah banyak digunakan baik oleh para praktisi ataupun peneliti. Program HEC HMS untuk permodelan proses hidrologi baik pada satu kejadian hujan maupun serangkaian hujan (Chu dan Steinman, 2009). Model HEC HMS juga dapat digabungkan dengan model atmosfer untuk memprediksi aliran permukaan dari sebuah daerah aliran sungai (Anderson *et al.*, 2002).

Pada penelitian ini diidentifikasi potensi-potensi penampungan sementara yang ada di DPS Kali Sampean. Dilakukan analisis pada kontribusi tampungan-tampungan tersebut terhadap penurunan debit yang mengalir ke sungai utama.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui debit banjir Sungai Sampean dari masing-masing sub DPS, lokasi potensi tampungan, serta kapasitasnya. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui debit puncak banjir yang dapat direduksi dari tampungan tersebut.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dimulai dengan persiapan dan studi literatur. Selanjutnya dilakukan survey lapangan yang bertujuan untuk melakukan orientasi lokasi penelitian, memperoleh data primer maupun sekunder dan mencari potensi tampungan pada DPS Kali Sampean. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah peta rupa bumi, peta-peta DPS Kali Sampean, data hujan, data pengukuran debit, data penampang sungai dan data-data lain yang berkaitan. Data-data ini diperoleh dari Balai Pengairan Sampean maupun studi-studi terdahulu.

Identifikasi penyebab banjir dilakukan dengan menganalisis kejadian banjir terdahulu terutama banjir yang terjadi pada tahun 2008. Analisis yang dilakukan meliputi curah hujan, perkiraan debit aliran, kondisi sungai, kondisi bangunan-bangunan sungai dan kondisi DPS. Analisis banjir dilakukan dengan menghitung

debit banjir pada masing-masing sub DPS, pada setiap pertemuan sungai dan ruas sungai yang diinginkan, baik pada kondisi sebelum, maupun setelah adanya tumpungan. Untuk menganalisis debit banjir dengan adanya tumpungan diperlukan desain tumpungan dan pelimpahnya. Desain tersebut dapat diubah-ubah untuk mendapatkan penurunan debit banjir dengan adanya tumpungan secara maksimal dan mempertimbangkan kapasitas yang ada.

Perhitungan debit banjir dilakukan dengan membagi DPS Kali Sampean menjadi sub-sub DPS berdasarkan kondisi topografi dan anak sungai yang ada. Karena sub DPS cukup banyak dan diperlukan simulasi perambatan hidrograf banjir, maka perhitungan dilakukan dengan bantuan program bantu HEC HMS. Metoda yang digunakan dalam perhitungan program HEC HMS adalah sebagai berikut: *Loss Method = SCS Curve Number, Transform Method = SCS Unit Hydrograph, Routing Method = Kinematic Wave, Reservoir Method = Outflow Curve, Reservoir Storage Method = Storage-Discharge, Precipitation = SCS Storm Type 2*. Periode simulasi pada penelitian ini adalah 08 Februari 2008 jam 16.00 sampai dengan 10 Februari 2008 jam

16.00, dengan interval waktu 1 menit. Hujan Rancangan yang digunakan adalah 50 tahunan.

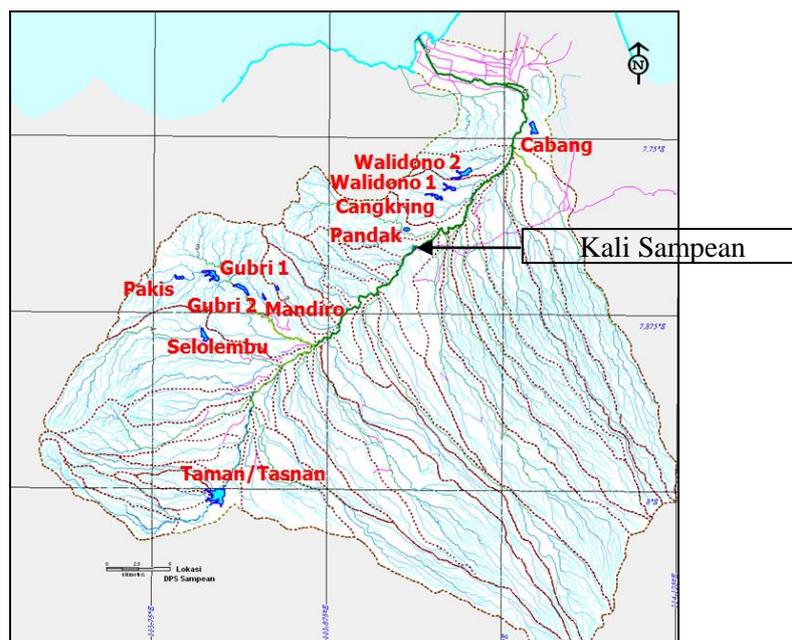
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Potensi Tumpungan

Dari hasil survey lapangan diperoleh 11 lokasi tumpungan yaitu 1 buah di sungai utama dan 10 buah di anak sungai. Berdasarkan kapasitasnya, tumpungan yang ada di sungai utama dikategorikan sebagai waduk, yaitu Waduk Tasnan (Taman). Sedangkan 10 lokasi lainnya dikategorikan sebagai Embung yaitu Embung Walidono 1, Embung Walidono 2, Embung Cangkring, Embung Mandiro, Embung Selolembu, Embung Pandak, Embung Pakis, Embung Gubri 1, Embung Gubri 2 dan Embung Cabang. Lokasi-lokasi Waduk dan embung tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Analisis Hujan Rencana

Analisis hujan rencana DPS Kali Sampean dilakukan dengan menggunakan metoda Gumbel dengan data hujan dari beberapa stasiun hujan dan kurun waktu 20 tahun terakhir. Hasil analisis hujan rencana periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50 dan 100 tahun adalah berturut-turut 68,81, 107,2, 132,61, 156,98, 164,72, 188,54 dan 212,18 mm.



Gambar 1. Lokasi potensi tumpungan waduk & embung di DPS Kali Sampean

Parameter-parameter sub DPS seperti luas DPS (A), panjang sungai (L), Kemiringan Sungai (I), *Curve Number* (CN) dan *Time Lag* (TL) dihitung dan disajikan dalam Tabel 1.

Hasil simulasi debit aliran dari masing-masing sub DPS ditampilkan pada Gambar 2.

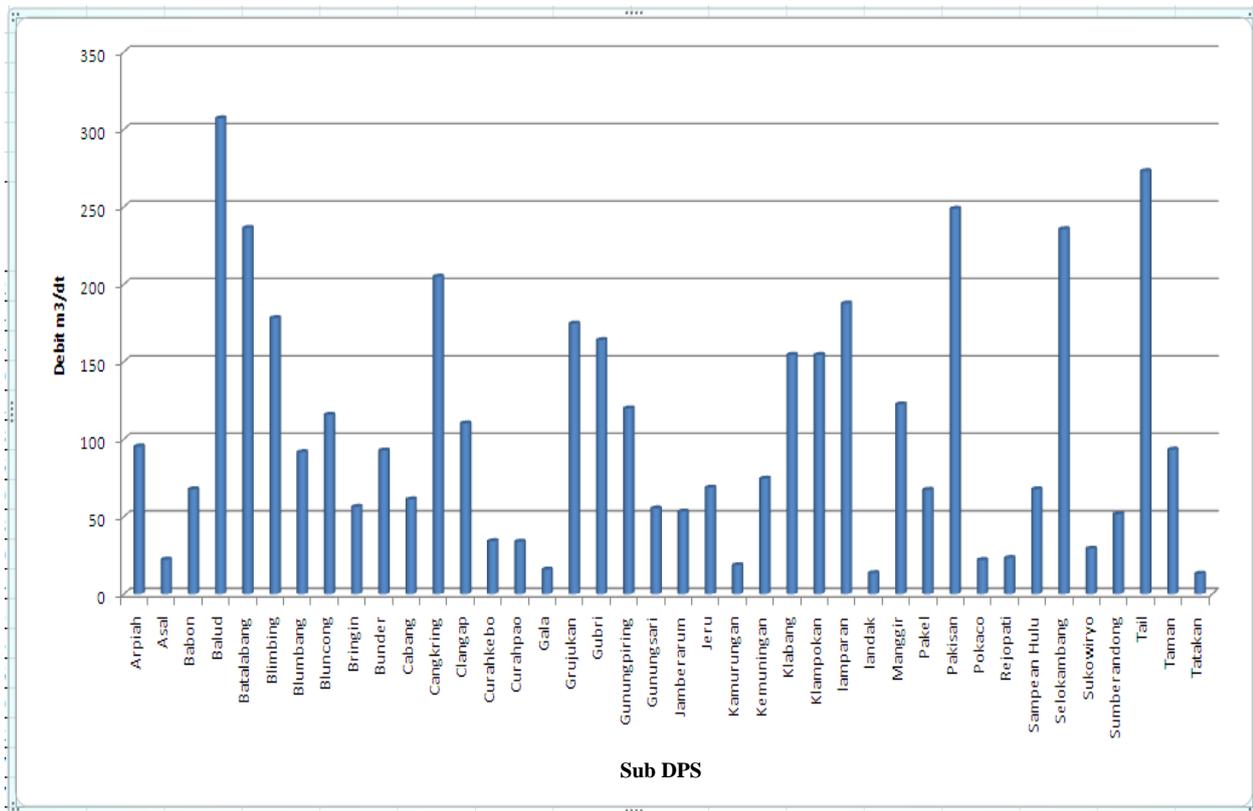
Analisis Banjir

Data-data dalam Tabel 1 dimasukkan ke dalam model dan disimulasikan untuk memperoleh hidrograf debit aliran. Model dikalibrasi dengan data kejadian banjir tahun 2008, yaitu hujan rata-rata 178 mm dengan

debit aliran yang melewati Bendung Sampean baru sebesar 2000 m³/detik. Hasil model menunjukkan bahwa debit banjir di hulu bendung Sampean Baru sebesar 1975 m³/detik. Debit puncak dari hidrograf setiap sub DPS ditampilkan pada Gambar 2 di mana terlihat bahwa debit terbesar berasal dari Sub DPS Balud sebesar 307,1 m³/detik, DPS Tail sebesar 273 m³/detik, DPS Pakisan sebesar 248,7 m³/detik, DPS Batalabang 236,3 m³/detik, DPS Selokambang 235,5 m³/detik dan DPS Cangkring 204,4 m³/detik. Aliran debit sub DPS yang lainnya kurang dari 200 m³/detik.

Tabel 1. Parameter Masing-masing Sub DPS

Sub DPS	Luas DPS km ²	Panjang Sungai km	Kemiringan I	CN	Time Lag (menit)
S. Hulu	18,4	12	0,113	61,9	196
Gunungsari	10,5	10,9	0,142	61,4	122
S.Andong	10,3	9,96	0,07	67,4	156
Curahkebo	6,49	7,01	0,057	68,5	154
Taman	14,8	16,6	0,129	64,8	109
Blumbang	16,4	9,65	0,062	67,6	247
Jambearum	29,4	12,8	0,014	68,9	645
Sukowiryo	6,46	5,32	0,019	66,7	351
Clangap	63,2	37,4	0,011	66,1	603
G.piring	29,2	17,6	0,116	64,6	191
Bunder	18,5	11,9	0,067	68,6	215
Arpiah	24,1	16,1	0,019	66,9	415
S.kambang	87,8	25,5	0,082	67,0	383
Mangir	39,6	25,5	0,029	67,7	331
Gubri	93,5	27,3	0,021	70,3	691
Pakistan	85,9	35,6	0,071	65,8	320
Balud	52,8	34,7	0,082	65,7	207
Tratakan	3,36	3,31	0,023	67,9	268
Pakel	18,4	9,76	0,072	68,3	245
Kemuningan	15,9	12,3	0,081	67,4	174
Rojopati	9,16	6,93	0,014	66,8	428
Kamurungan	3,67	3,8	0,053	69,6	162
Gala	2,71	4,05	0,062	65,3	124
Lamparan	48,1	37,8	0,078	62,8	198
Jeru	23,7	16,7	0,03	65,6	324
Bringin	10,6	7,71	0,091	65,3	183
Pokaco	7,69	5,9	0,021	66,3	354
Asal	4,83	2,81	0,036	65,5	348
Curahpao	6,85	5,6	0,071	69,6	167
Landak	3,05	2,73	0,028	74,3	221
Bluncong	38,4	16,2	0,046	70,9	342
Tail	97,9	39,4	0,070	65,9	329
Blimbing	50,2	33,1	0,044	68,3	264
Klampokan	43,1	30,5	0,049	67,4	240
Klabang	36,1	27,4	0,039	72,4	222
Babon	22,5	10,3	0,029	70,4	409
Batalabang	51,8	33,9	0,046	71,2	238
Grujugan	41,8	32,6	0,048	69,6	213
Cabang	14,7	9,97	0,040	72,4	240



Gambar 2. Debit Masing-masing Sub DPS

Sebagian debit aliran ditampung ke dalam waduk atau embung. Hal ini bertujuan untuk mereduksi debit banjir yang masuk ke sungai utama dari semua sub DPS. Hasil dari

perhitungan waduk/embung diperoleh penurunan debit puncak dari *inflow* menjadi *outflow* serta volume air yang ditampung seperti pada Tabel 2.

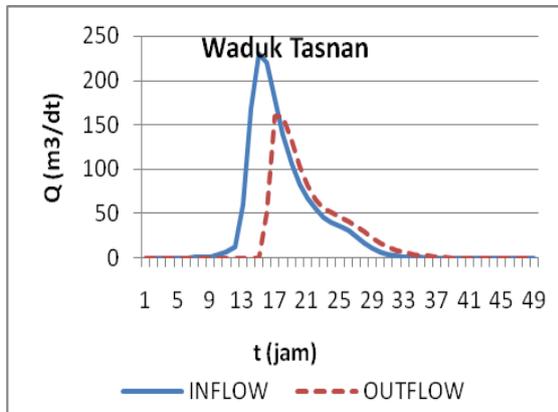
Tabel 2. Debit *Inflow*, *Outflow* dan Volume Tampungan Hasil Perhitungan Waduk/Embung

Nama Embung	Lebar pelimpah (m)	Tinggi Pelimpah (m)	Qp <i>Inflow</i> (m³/detik)	Qp <i>Outflow</i> (m³/detik)	Qp (m³/detik)	Puncak tampungan (x 10³ m³)
Walidono 1	15	8	13,8	7,9	5,9	481
Cangkring	10	6	3,9	1,7	2,2	166
Walidono 2	15	8	7,7	3,8	3,9	432
Tasnan	20	8	274,9	175,4	99,5	3100
Mandiro	10	6	9,6	9,6	0,0	110
Selolembu	10	6	25,2	25,2	0,0	95
Pandak	8	8	105,8	105,8	0,0	156
Pakis	6	9	12,3	12,2	0,1	25
Gubri 1	8	8	57,2	57	0,2	813
Gubri 2	10	8	85,2	85,2	0,0	436
Cabang	4	6	26,1	26	0,1	45

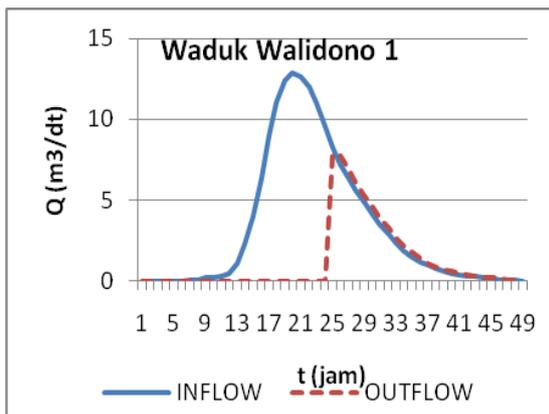
Waduk Tasnan dapat mereduksi debit puncak *inflow* menjadi *outflow* paling besar 99,5 m³/detik. Kemudian disusul oleh Embung Walidono 1, Walidono 2, dan Cangkring masing-masing sebesar 5,9; 3,9; dan 2,2 m³/detik. Selain itu terjadi juga pergeseran waktu puncak dari *inflow* ke *outflow* seperti

yang terlihat pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 6. Volume air terbanyak yang dapat ditampung adalah di Waduk Tasnan yaitu sebesar 3,1 juta m³. Kemudian disusul Embung Gubri 1 813.000 m³, Walidono 1 481.000 m³, Gubri 2 436.000 m³, Walidono 2 432.000 m³, Cangkring 166.000 m³, Pandak 156.000 m³

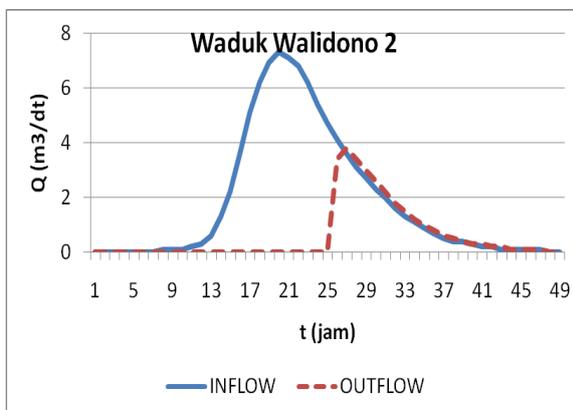
dan Mandiro 110.000 m³. Sedangkan Embung-embung yang lain memiliki kapasitas tampung kurang dari 100.000 m³.



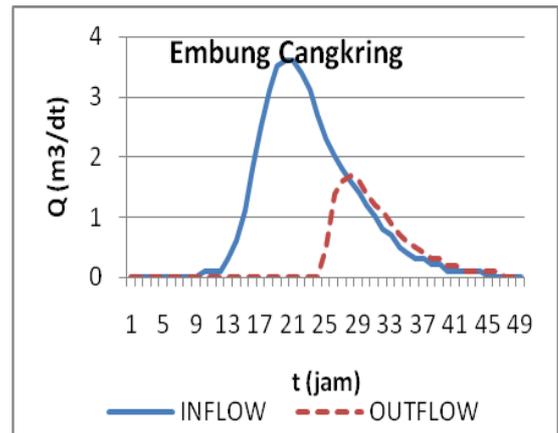
Gambar 3. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Waduk Tasnan



Gambar 4. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Walidono 1

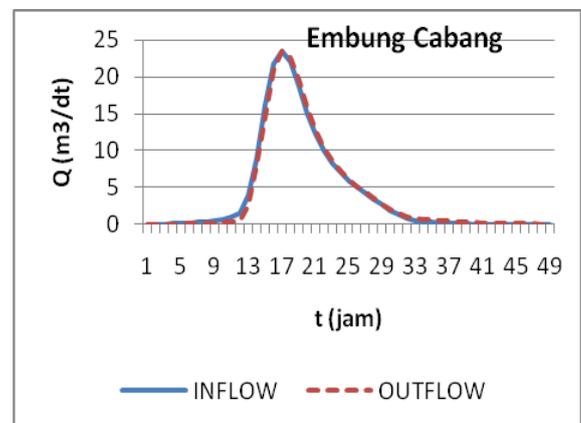


Gambar 5. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Walidono 2

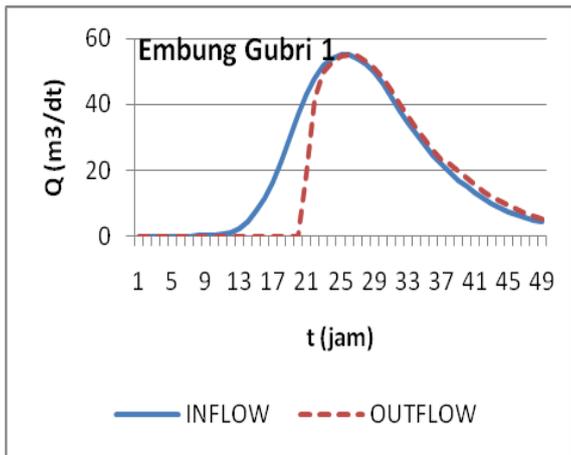


Gambar 6. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Cangkring

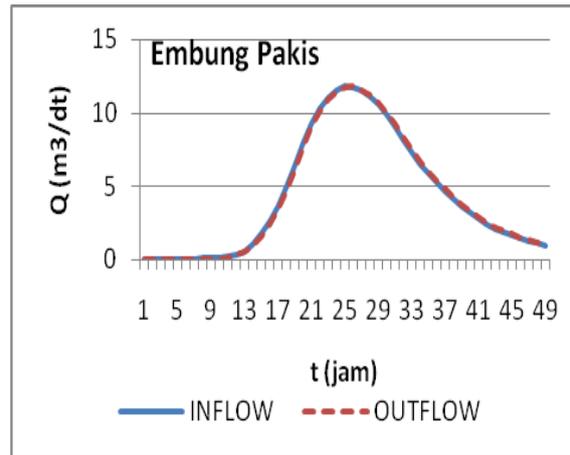
Embung-embung yang lain seperti Embung Cabang, Gubri 1, Gubri 2, Pakis, Pandak dan Selolembu tidak dapat mereduksi debit *inflow* secara signifikan. Besarnya debit *outflow* hampir sama dengan debit *inflow*. Hal ini disebabkan karena volume banjir jauh lebih besar dari kapasitas tampungan. Sebelum mengalir debit puncak tercapai volume tampungan yang ada sudah penuh terisi sehingga pada saat debit puncak banjir mengalir tampungan tidak dapat mereduksi. Luas permukaan tampungan kecil sehingga efek dari penyebaran aliran ke arah lateral juga kecil. Pada Gambar 7 sampai dengan 13 terlihat bahwa penurunan debit *outflow* terhadap *inflow* hanya terjadi saat sebelum mengalir debit puncak.



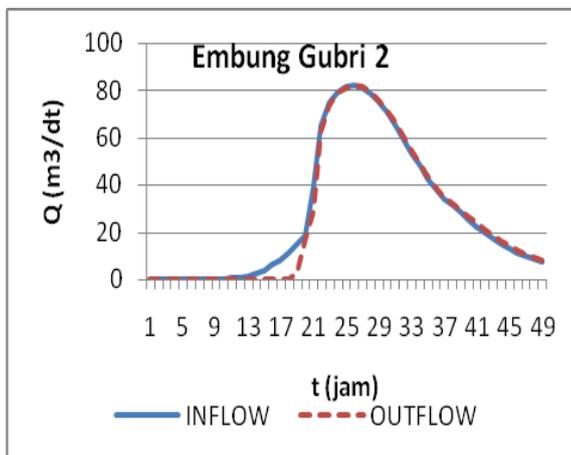
Gambar 7. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Cabang



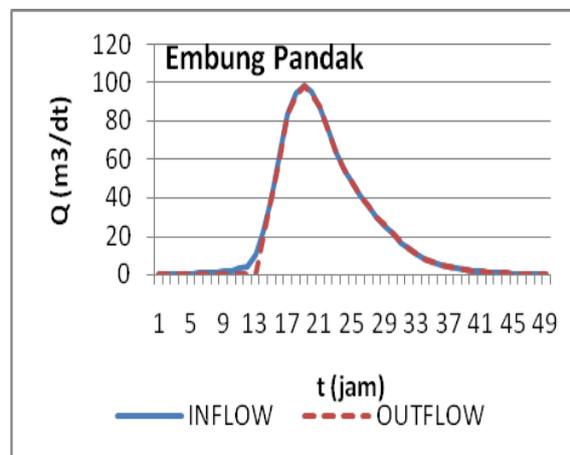
Gambar 8. Perbandingan Debit *I* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Gubri 1



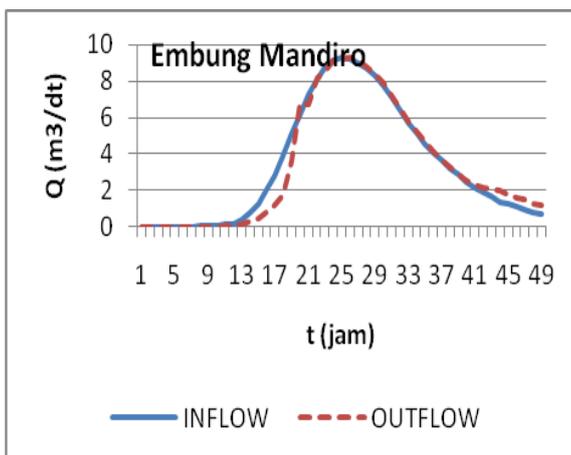
Gambar 11. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Pakis



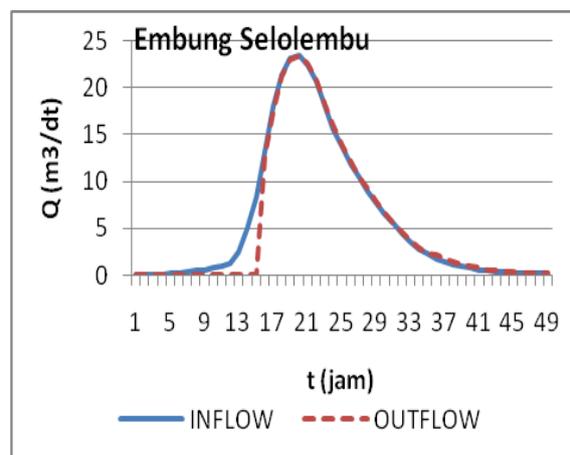
Gambar 9. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Gubri 2



Gambar 12. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Pandak

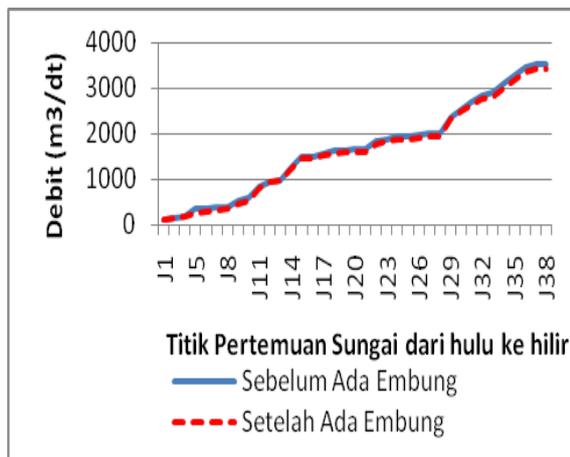


Gambar 10. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Mandiro



Gambar 13. Perbandingan Debit *Inflow* dan *Outflow* 50 Tahunan Embung Selolembu

Dengan adanya penurunan debit akibat sebagian air tertampung di waduk dan embung, terjadi pula penurunan debit di penampang sungai utama dari hulu sampai ke hilir seperti pada Gambar 14. Penurunan debit akibat tampungan relatif kecil dibandingkan debit aliran di sungai utama.



Gambar 14. Perbandingan Debit Aliran di Ruas Sungai Sebelum dan Setelah Adanya Tampungan

4. KESIMPULAN

Banjir yang terjadi di DPS Sampean disebabkan oleh penurunan infiltrasi air hujan ke dalam tanah. Penurunan infiltrasi tersebut disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, bentuk DPS yang menyerupai mangkuk, kemiringan lahan cukup curam, dan tata guna lahan yang cenderung berubah. Berdasarkan hasil survey lapangan diperoleh 11 lokasi yang berpotensi untuk dibangun tampungan air atau embung. Dari 11 lokasi tersebut hanya ada 4 lokasi yang berpotensi mereduksi debit banjir yaitu Waduk Tasnan, Embung Walidono 1, Embung Walidono 2 beserta Embung Cangkring. Berdasarkan hasil dari analisis diperoleh bahwa pembangunan waduk dan embung tersebut akan mereduksi debit puncak banjir 50 tahunan sebesar 100 m³/detik. Embung Gubri 1, Gubri 2, dan Mandiro tidak efektif mereduksi banjir namun memiliki potensi menampung air cukup besar. Air yang ditampung tersebut dapat digunakan

untuk menyediakan kebutuhan air bersih maupun air irigasi.

Rekomendasi dari penelitian ini adalah (1) waduk Tasnan memiliki tampungan cukup besar, sehingga dapat digunakan untuk menurunkan debit banjir yang mengalir ke sungai utama, (2) Embung Cangkring, Walidono 1 dan Walidono 2 mampu menurunkan debit banjir dan tampungannya dapat digunakan untuk penyediaan kebutuhan air bersih dan konservasi air, (3) Embung-embung yang lain dapat digunakan untuk penyediaan air saja karena kemampuan mereduksi debit puncak banjir kecil, (4) Diperlukan metoda dan upaya lainnya untuk dapat mereduksi lagi debit banjir Kali Sampean

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, M.L., Chen Z.Q, Kavvas, M.L., dan Fieldman, A. (2002). Coupling HEC-HMS with Atmospheric Models for Prediction of Watershed Runoff. *Journal of Hydraulic Engineering*. 7. 312313.
- Chu, X. dan Steinman, A. (2009), Event and Continuous Hydrologic Modeling with HEC-HMS. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 135 (1). Pp. 119-124.
- Lammersen, R., Engel, H., Langerheer, W., dan Buitevel, H., (2002). Impact of river training and retention measures on flood peaks along the Rhine. *Journal of Hydrology*. 267 (1-2). 115-124.
- Maryono, A. (2005). Metode Memanen Hujan (Rain Water Harvesting). Kompas Media. 2 Pebruari 2008, hal 6 – 7.
- Mitchell, V.G., McCarthy, D.T., Deletic, A., dan Fletcher, T.D. (2008). Urban stormwater harvesting-sensitivity of a storage behaviour model. *Journal of Environmental Modelling & Software*. 23 (6). 782-793.

- Samani, J.M.V., dan Heydari, M. (2007). Reservoir Routing through Successive Rockfill Detention Dams Reservoir Routing through Successive Rockfill Detention Dams. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 9 (4).
- World Meteorology Organization (2004). Concept Paper on Integrated Flood Management, APFM Technical Document No. 1. Second Edition. The Associated Programme on Flood Management. Geneva, Switzerland.
- World Meteorology Organization (2007). Formulating a Basin Flood Management Plan; A tool for Integrated Flood Management. The Associated Programme on Flood Management. Geneva, Switzerland.
- Xiong, Y. dan Melching C.S. (2005). Comparison of Kinematic-Wave and Nonlinear Reservoir Routing of Urban Watershed Runoff. *Journal of Hydrologic Engineering*. 10 (1). pp. 39-49.