

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kondisi terendamnya wilayah ataupun daratan disebabkan volume air merupakan kejadian banjir (Hikmah dan Santoso, 2017), di Indonesia bencana banjir cenderung makin meningkat, baik magnitude maupun frekuensinya (Erlia *et al.*, 2017; Annisa, 2017; Koem *et al.*, 2019). Parameter banjir: luas, kedalaman, dan lamanya genangan dari waktu ke waktu makin meningkat (Suripin & Kurniani, 2016). Tahun 2019 terjadi 790 peristiwa banjir naik menjadi 1.138 peristiwa banjir pada Tahun 2020, yang mengakibatkan korban manusia, menggenangi ribuan rumah, dan kerusakan fasilitas (BNPB, 2021).

Pertumbuhan penduduk, usaha pemenuhan kebutuhan hidup, dan kebijakan yang diambil pengambil keputusan mendorong untuk terjadinya eksploitasi sumber daya alam tak dapat dihindari (Direktorat Sungai dan Pantai, 2019). Perubahan tutupan lahan berakibat penurunan kualitas lingkungan meningkat. Demikian pula kekeringan, banjir serta longsor meningkat secara kualitas ataupun kuantitas (Kodoatie & Sjarief, 2008; Maryono, 2018). Populasi yang meningkat, deforestasi, perluasan lahan pertanian, peningkatan urbanisasi, pembangunan jalan, reklamasi lahan basah, perubahan iklim, yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas penyimpanan air yang tersedia di DAS (Al Amin, 2016). Debit puncak banjir meningkat dengan waktu yang makin pendek, yang berakibat peningkatan limpasan dapat menciptakan risiko banjir yang signifikan (Westra *et al.*, 2013; Soetanto *et al.*, 2017).

Penanganan banjir selama ini fokus pada peningkatan kapasitas sungai sementara pengelolaan air hujan di daerah aliran sungai (DAS) sebagai sumber air masih terabaikan, sehingga perlu dikembangkan metode peningkatan fungsi DAS dengan merumuskan kebutuhan tampungan air. Pengendalian banjir (struktural) yang telah ada/terbangun selama ini meliputi; sistem kanal, terusan, sudetan dan saluran *drain* (Gunawan, 2010; Faisal *et al.*, 2017), normalisasi sungai dan tanggul (Djati, 2007; Widyanti *et al.*, 2014). Pengerukan sedimen, perencanaan *krib*, *ground sill* (Sarwono *et al.*, 2015), , perencanaan serta konsep pengendalian banjir dengan prasarana *deep tunnel* dan *sea wall* (Wiyono *et al.*, 2016). Perbaikan penampang dan perkuatan lereng pada daerah aliran sungai/DAS (Choirul *et al.*, 2015; Wahyuningtyas *et al.*, 2017; Maulana *et al.*, 2017). Di samping itu pengendalian banjir (struktural) saat ini lebih pada mengendalikan limpasan

permukaan/kuantitas air hujan dengan jalan meningkatkan/mengembalikan fungsi DAS yaitu menampung dan menyimpan air hujan berupa, membangun tampungan di hulu DAS (Martdianto & Kadri, 2012). Kolam retensi yang berfungsi mengendalikan besarnya debit puncak dengan menekan puncak banjir yang terjadi (Harmani & Soemantoro, 2017), teknik lubang biopori untuk menghindari masalah banjir (Yohana *et al.*, 2017). Drainase yang berkelanjutan dengan teknik restorasi sungai (Miguez & Veról, 2017), revitalisasi sungai, renaturalisasi sungai mengaktifkan *oxbow*, revegetasi bantaran dan tebing sungai, memperlebar bantaran banjir (Maryono, 2020). Manajemen banjir yang menekankan strategi pertahanan melawan genangan ke manajemen risiko banjir (Bertilsson *et al.*, 2019).

Pendekatan langsung dalam pengendalian banjir yang berkelanjutan (*sustainable*) adalah pelemahan puncak debit melalui sistem penahanan/tampungan air hujan (Bellu, 2016). Pengendalian banjir dengan konsep tampungan di area hulu sebagai area penyimpanan banjir telah digunakan di banyak negara untuk perlindungan banjir daerah hilir saat banjir datang (Jonoski *et al.*, 2019). Maka perlu dilakukan penelitian yang memfokuskan pada kebutuhan tampungan air untuk mengendalikan limpasan permukaan dengan menghitung volume air yang perlu ditahan di daerah hulu DAS. Tampungan air berfungsi mengelola kuantitas air hujan dengan mengendalikan debit puncak saat kejadian banjir (Akanbi *et al.*, 1999; Xue *et al.*, 2012; Yu *et al.*, 2016), dan sebagai fasilitas penyimpanan air yang paling efektif untuk mengatur air (Wei & Hsu, 2008; Reseda *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2017).

Tampungan air dapat berupa kolam penahanan (*detention basin*), kolam retensi (*retention basin*), kolam penundaan (*retarding basin*) (Kodoatie, 2012), dan embung (*small dam*), dengan tinggi < 10 meter, daya tampung < 500.000 meter kubik, dan debit banjir maksimal < 1.000 meter kubik per detik (Kementerian PUPR., 2015a). Keunggulan lain dari pembangunan tampungan air skala kecil ini tidak memerlukan pembebasan tanah yang sangat luas/memanfaatkan sempadan sungai, biaya dan waktu pelaksanaan minimal, dan pembangunan dapat langsung dimanfaatkan. Tampungan air dapat dilaksanakan di daerah hulu DAS, yang berperan menyimpan dan menampung, serta mengalirkan air dengan cara alami yang bersumber dari hujan ke daerah hilir/laut (Undang-Undang Republik Indonesia, 2019). Penggunaan sempadan sungai mencakup ruang di kiri dan kanan palung sungai, diluar area perkotaan sungai tidak bertanggung. Sungai besar dengan

luas DAS lebih dari 500 kilometer persegi sempadan sungai berjarak lebih/sama dengan 100 meter, sungai kecil dengan luas DAS kurang/sama dengan 500 kilometer persegi sempadan sungai berjarak lebih/sama dengan 50 meter. Sempadan sungai di luar area perkotaan yang memiliki tanggul berjarak lebih/sama dengan 5 (lima) meter dari sisi luar kaki tanggul sepanjang alur sungai (Kementerian PUPR., 2015b). Sempadan sungai yang terdapat tanggul untuk mengendalikan banjir, batasan antara tepi palung sungai dan tepi dalam tanggul kaki tanggul adalah bantaran sungai yang berfungsi untuk ruang penyaluran banjir (Kementerian PUPR., 2015b).

Beberapa penelitian dalam menentukan volume tampungan untuk pemanfaatan/ketersediaan air, telah dilakukan antara lain oleh Bagiawan (2013) menentukan kapasitas tampungan ($Max S_{t+1}$) dengan menentukan selisih antara ketersediaan air (*inflow*) dan besarnya kebutuhan air (*outflow*) dimana maksimum volumenya merupakan kapasitas yang dibutuhkan. Akram *et al.* (2014) menentukan volume maksimum tampungan ($S_{t+\Delta t} - S_t$) dengan pendekatan kebutuhan necara air, volume penyimpanan pada awal (S_t) dan akhir ($S_{t+\Delta t}$) interval waktu dan volume total aliran masuk (I_{vol}) dan keluar (O_{vol}) tampungan selama periode interval waktu (Δt). Soedibyo (1993) dan Agus *et al.* (2015) melakukan perhitungan kapasitas tampungan didasarkan pada peta topografi dan beda tinggi konturnya, volume tampungan (V_n) dihitung berdasarkan data luas permukaan genangan dan ketinggian kontur. Kasiro *et al.* (1997) dan Dethan *et al.* (2015) menentukan kapasitas tampung desain sesuatu embung yang diperlukan (V_n), dengan memenuhi kebutuhan dan mempertimbangkan kehilangan air oleh penguapan pada tampungan, resapan, serta menyediakan ruangan untuk sedimen. Karran *et al.* (2017) menggunakan metode $V - A - h$ yang disederhanakan berdasarkan luas tampungan (A) pada ketinggian tertentu diatas dasar tampungan (h). Akbar & Pratiwi (2020) menentukan volume tampungan (V) dengan rumus empiris, berdasarkan luas penampang dan jarak penampang. Satriani *et al.* (2021) menentukan volume tampungan (V) dengan metode *ripple*, kurva *ripple*/massa adalah garis yang menunjukkan laju aliran pada waktu tertentu (Q_{at}), dengan asumsi bahwa ketika *draft* komulatif lebih besar dari *inflow* komulatif, tampungan tidak dapat melayani kebutuhan. Ren & Khayatnezhad (2021) menentukan variasi kapasitas tampungan (ΔV) dengan model kombinasi berdasarkan teknik pengelolaan air hujan dan sistem lanskap lingkungan (ELS) di bawah kondisi kekeringan, berdasarkan parameter curah hujan (P), resapan air permukaan (S_i),

resapan air dalam (G_i), evapotranspirasi (ET_a), infiltrasi (I), rembesan air permukaan (S_0), rembesan air dalam (G_0), dan arus pasang surut (T).

Sedangkan penelitian untuk mengendalikan limpasan permukaan dalam menentukan volume tampungan sebagai fungsi limpasan permukaan untuk merumuskan kebutuhan kapasitas volume tampungan, telah dilakukan antara lain oleh Sang *et al.* (2012) menentukan volume kolam penahanan (V) dimana perhitungan berdasarkan koefisien rata-rata limpasan (C_{ave}), koefisien penyesuaian limpasan (C_{ad}), intensitas hujan (i), kuantitas hujan (q), luas DAS (A), durasi hujan (t), dan menentukan volume kolam retensi (V) berdasarkan estimasi curah hujan dimana koefisien limpasan (C), curah hujan rencana (H), daerah tangkapan air (F), koefisien konversi satuan (10). Becciu & Raimondi (2015) menentukan volume limpasan permukaan (V) dengan pemodelan curah hujan, proses penyimpanan pada waktu retensi dan estimasi fungsi distribusi probabilitasnya, yang dibuat beberapa asumsi sederhana tentang hidrologi aliran masuk dan proses penyimpanan, berdasarkan kedalaman hujan (h), koefisien limpasan (ϕ), dan abstraksi awal (IA). *Urban Drainage and Flood Control District/UDFCD* (2016) menentukan persamaan *excess urban runoff volume* (EURV), persamaan hubungan kedalaman limpasan (*inches*) satu jam curah hujan dan kedalaman lahan (i) disederhanakan untuk menentukan volume desain tampungan berdasarkan kelompok tanah/*hydrologic soil group* (HSG) yang ditemukan di DAS. Zevri (2017) menentukan volume tampungan kolam retensi berdasarkan debit (Q) kolam retensi dan perbandingan waktu normal dan waktu awal banjir (dt). Sahoo & Pekkat (2018) menentukan volume kolam penahanan dengan perubahan kapasitas kolam pada durasi curah hujan (ΔV) antara debit *inflow* (Q_{in}) dan debit *outflow* (Q_{out}). Ramadhan *et al.* (2020) menentukan volume tampungan berdasarkan debit (Q) dan waktu puncak (jam).

Hasil-hasil penelitian untuk mengendalikan limpasan permukaan dalam menentukan volume tampungan air, dengan merumuskan kebutuhan kapasitas volume tampungan air yang optimal, hanya dilakukan oleh UDFDC (2016) di lokasi penelitian berdasarkan *Colorado Urban Hydrograph Procedure* (CUHP) Amerika Serikat. Penelitian UDFDC (2016) dengan persamaan *excess urban runoff volume* (EURV) hanya dapat diterapkan pada daerah perkotaan/hilir DAS, menentukan volume limpasan permukaan berdasarkan parameter kelompok tanah (HSG) dengan variabel kedalaman limpasan (*inches*) dalam satu jam curah hujan dan kedalaman lahan (i) pada DAS.

Penerapan model EURV di Indonesia perlu disesuaikan dengan kondisi setempat, oleh karena itu dikembangkan model untuk menentukan kapasitas volume tampungan limpasan permukaan di daerah hulu DAS. Hasil penelitian bermanfaat untuk mempermudah penentuan kapasitas volume tampungan air di daerah hulu DAS apabila tidak tersedia data lengkap (data primer dan data sekunder).

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah berdasarkan latar belakang permasalahan adalah sebagai berikut:

- 1) Tampungan air berfungsi mengelola kuantitas air hujan dengan mengendalikan limpasan permukaan/debit puncak saat kejadian banjir.
- 2) Tampungan air dapat dilaksanakan dengan memanfaatkan sempadan sungai.
- 3) Variabel dalam menentukan kebutuhan tampungan air untuk mengendalikan limpasan permukaan pada suatu DAS adalah curah hujan, limpasan permukaan, jenis tanah, tata guna lahan, kemiringan sungai, dan panjang sungai.
- 4) Rumusan kebutuhan kapasitas volume tampungan air optimal (EURV) yang dikembangkan oleh UDFDC (2016), merupakan model sederhana yang banyak digunakan untuk keperluan praktis.
- 5) Perlu penerapan model EURV di Indonesia untuk menentukan volume limpasan permukaan.
- 6) Belum ada penelitian untuk menentukan kapasitas volume tampungan limpasan permukaan di hulu DAS.

1.3 Perumusan Masalah

Rumusan permasalahan yang akan diteliti jawabannya pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana menentukan limpasan permukaan berbagai periode ulang banjir?
- 2) Bagaimana menentukan volume tampungan sebagai fungsi limpasan permukaan?
- 3) Bagaimana menentukan volume tampungan DAS yang paling optimal?
- 4) Bagaimana merumuskan kebutuhan kapasitas volume tampungan DAS?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah merumuskan kebutuhan kapasitas volume tampungan DAS, melalui penentuan volume tampungan DAS yang optimal dengan volume tampungan sebagai fungsi limpasan permukaan.

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Menentukan limpasan permukaan berbagai periode ulang banjir.
- 2) Menentukan volume tampungan sebagai fungsi limpasan permukaan.
- 3) Menentukan volume tampungan DAS yang paling optimal.
- 4) Merumuskan kebutuhan kapasitas volume tampungan DAS.

1.5 Kebaruan (Noveltis)

Hasil rumusan kebutuhan kapasitas volume tampungan DAS melalui penentuan volume tampungan DAS yang paling optimal di hulu DAS, ditemukan rumusan volume tampungan hulu DAS (VTHD) berdasarkan parameter kemiringan sungai (*slope* 0,1, *slope* 0,01). Berbeda dengan penelitian UDFDC (2016) menentukan volume tampungan DAS yang paling optimal di hilir DAS/perkotaan, dengan rumusan *excess urban runoff volume* (EURV) berdasarkan parameter kelompok tanah (HSG). Perbedaan lokasi penelitian, jenis tanah, tata guna lahan, kemiringan sungai, dan panjang sungai sangat mempengaruhi nilai kurva hubungan kedalaman limpasan permukaan dan CN. Selain persamaan/koeffisien yang berbeda, dalam penelitian ini juga menemukan beberapa prosedur dalam hal volume tampungan sebagai fungsi limpasan permukaan yang memudahkan penggunaan metode ini di Indonesia.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian diharapkan akan mempermudah metode/prosedur perhitungan dan menambah pengetahuan pada:

- 1) Menyajikan alur proses penentuan volume tampungan sebagai fungsi limpasan permukaan, kedalaman lahan, dan kemiringan sungai untuk mendapatkan volume tampungan yang optimal sesuai lokasi penelitian.
- 2) Mempermudah untuk perhitungan kapasitas volume tampungan limpasan permukaan pada hulu DAS apabila tidak tersedia data lengkap baik data primer maupun data sekunder, terutama untuk diaplikasikan di Indonesia.
- 3) Menambah khasanah pengetahuan di bidang sumber daya air, terutama dalam menentukan kebutuhan tampungan air untuk mengendalikan limpasan permukaan pada hulu DAS.

1.7 Pembatasan Masalah

Dikarenakan keterbatasan pada sumber daya untuk penelitian, maka dilakukan pembatasan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Pengendalian limpasan permukaan untuk mengatasi permasalahan banjir dengan membuat tampungan air (metode struktur) di hulu DAS.
- 2) Perhitungan debit limpasan permukaan banjir menggunakan *software* HEC-HMS.
- 3) Konversi debit limpasan menjadi volume limpasan dengan memperhitungkan waktu konsentrasi (t_c).
- 4) Klasifikasi jenis tanah berdasarkan *soil taxonomy* (USDA, 2014).
- 5) Konversi jenis tanah ke dalam HSG sampai tingkat ordo.
- 6) Klasifikasi kelas tutupan lahan berdasarkan USDA 1986.
- 7) Penelitian ini tidak mengestimasi: *hydrologic routing*, *antecedent moisture condition* (AMC) dan *antecedent runoff condition* (ARC), sedimentasi, bentuk DAS, dan cekungan air tanah.
- 8) Penelitian dilakukan di hulu DAS Jatigede dengan kemiringan sungai 0,1 dan 0,01.
- 9) Lokasi penelitian dilakukan pada DAS Jatigede dengan titik kontrol debit *automatic water level recorder* (AWLR) di AWLR Leuwidaun dan AWLR Cipasang.

1.8 Sistematika Penulisan

- Bab 1 Pendahuluan; memberikan gambaran mengenai kerangka penelitian, identifikasi, dan formulasi permasalahan serta maksud dan tujuan penelitian. Dijelaskan pula perihal posisi dan kebaruan penelitian dalam ranah disiplin ilmu teknik keairan. Pada bagian akhir bab ini dijabarkan perihal manfaat serta batasan- batasan penelitian.
- Bab 2 Kajian Pustaka dan Kerangka Berfikir; menguraikan tentang penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya beserta temuan yang dihasilkan. Kerangka berpikir dituangkan sebagai hasil penelaahan studi terdahulu disertai dengan hipotesa awal penelitian.
- Bab 3 Metode Penelitian; menjelaskan tentang tahapan penelitian, data primer dan sekunder yang digunakan serta teknik analisis yang akan dilakukan.
- Bab 4 Kompilasi dan Analisis Data; menganalisis debit banjir, dengan mengkonversi limpasan permukaan menjadi volume tampungan dan menganalisis tampungan paling optimal serta rumusan persamaan volume tampungan di hulu DAS.

- Bab 5 Hasil Penelitian dan Pembahasan; menjelaskan tentang hasil penelitian dan rumusan persamaan volume tampungan di hulu DAS serta alur-alur baru yang muncul, berupa konstanta untuk beberapa *hydrologic soil group* (HSG) di wilayah penelitian.
- Bab 6 Kesimpulan, Implikasi dan Saran; berisi tentang semua simpulan dari proses dan hasil penelitian, penjelasan implikasi terhadap ranah keilmuan, serta saran-saran penelitian lanjutan.