

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Konsep hidrograf merupakan bagian penting yang diperlukan dalam berbagai perencanaan bidang sumber daya air. Hidrograf adalah gambaran suatu aliran sungai (aliran permukaan) secara kontinyu dari waktu ke waktu. Hidrograf digambarkan sebagai grafik lengkung hubungan antara besar aliran persatuan waktu (m^3/detik), yang biasa disebut debit aliran (Q) dengan waktu (t). Hidrograf dibangun dari 4 (empat) unsur penyusun yaitu limpasan permukaan (*direct surface runoff*), rembesan bawah permukaan (*interflow*), aliran bawah tanah (*ground-water* atau *base-flow*), dan hujan yang langsung turun di sungai (*channel precipitation*). Hidrograf yang hanya mempertimbangkan unsur limpasan permukaan disebut hidrograf satuan atau hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar). Hidrograf satuan ini tercatat di ujung hilir DAS (Daerah Aliran Sungai) yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar satu satuan (1 mm, 1 cm, atau 1 inchi) yang terjadi secara merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam suatu satuan waktu (misal 1 jam) tertentu (Subramanya, 1984; Triatmodjo, 2008). Hidrograf satuan ini menjadi unsur yang sangat dominan dalam konsep hidrograf secara menyeluruh karena sering digunakan untuk berbagai perencanaan sumber daya air terutama perencanaan banjir. Sehingga permasalahan pendugaan hidrograf limpasan permukaan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam sebuah proses desain sistem hidrologi.

Ada 2 (dua) pendekatan dasar dalam pendugaan hidrograf limpasan permukaan, yaitu pendekatan langsung dengan pengukuran lapangan dan pendekatan tidak langsung dengan menggunakan sebuah model persamaan (Balvanshi & Tiwari, 2014). Model persamaan untuk pendugaan hidrograf limpasan permukaan digunakan apabila data pengukuran langsung tidak diperoleh. Saat ini, metode pendugaan hidrograf limpasan permukaan dengan model persamaan yang sering digunakan di Indonesia antara lain adalah metode *Snyder-SCS*, *Snyder-Alexeyev*, *Nakayasu*, *HSS Gama-1*, *HSS- $\alpha\beta\gamma$* dan *HSS-Limantara*. Tiga metode yang disebutkan di awal (*Snyder-SCS*, *Snyder-Alexeyev*, *Nakayasu*) dikembangkan di luar Indonesia. Sedangkan metode yang dikembangkan di Indonesia adalah *HSS Gama-1* dari Universitas Gajah Mada (Harto, 1993), *HSS- $\alpha\beta\gamma$* dari

Institut Teknologi 10 November (Lasidi & Anwar, 2003) serta *HSS-Limantara* dari Universitas Brawijaya (Limantara, 2008).

Prinsip dasar model persamaan hidrograf adalah melakukan transformasi dari data hujan menjadi debit aliran. Konsep hidrograf ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1932 oleh Sherman (Subramanya, 1984). Selanjutnya model dari Sherman ini telah banyak dikembangkan oleh para peneliti seperti disebutkan pada paragraf sebelumnya, namun cukup rumit untuk diaplikasikan (jumlah parameter yang banyak dan prosedur perhitungan yang kompleks), dengan hasil yang belum cukup memuaskan (Singh et al., 2017; Bhunya et al., 2011).

Untuk mengatasi kerumitan dalam aplikasi model-model persamaan hidrograf limpasan permukaan, maka pada tahun 1986, USDA (*United States Department of Agriculture*) telah mengembangkan metode untuk memperkirakan limpasan permukaan dan *peak discharge* untuk sebuah DAS. Pendugaan limpasan permukaan dengan metode ini menggunakan pendekatan sebuah nilai yang disebut dengan CN (*Curve Number*), CN didefinisikan sebagai sebuah nilai kurva limpasan yang digunakan untuk mengubah masa curah hujan menjadi limpasan. Metode ini merupakan metode empirik yang telah dikembangkan sejak Januari 1975 oleh NRCS (*Natural Resources Conservation Service*), sebelumnya disebut SCS (*Soil Conservation Service*), yang dalam perkembangannya metode ini sering disebut metode SCS-CN. Dijelaskan bahwa: (1). Limpasan permukaan didefinisikan sebagai fungsi dari curah hujan, retensi maksimum (*maximum retention*) dan kelembaban awal (*initial abstraction*), (2). Kelembaban awal merupakan fungsi dari retensi maksimum, (3). Retensi maksimum terkait dengan jenis tanah dan penutupan lahan dan pengolahan lahan pada DAS yang diwakili oleh CN, dan nilai CN ini memiliki rentang nilai dari 0 sampai 100.

Proses terjadinya limpasan permukaan menjadi debit dalam metode SCS-CN sangat dipengaruhi oleh 4 (empat) faktor (USDA, 1986). Faktor pertama adalah jumlah hujan yang jatuh pada lahan yang dikenal dengan *precipitation* atau kedalaman hujan. Faktor kedua adalah jenis-jenis tanah pada lahan, besar kecilnya tingkat serapan tanah terhadap air akan sangat berpengaruh terhadap aliran permukaan. Tingkat serapan tanah terhadap air dapat berupa abstraksi awal dan retensi maksimum dalam tanah (USDA, 2014). Faktor ketiga adalah jenis pengolahan (*treatment*) lahan yang diterapkan pada lahan, contoh: tipe

pengolahan dengan sistem terasiring akan menghasilkan aliran permukaan yang berbeda dengan tanpa terasiring. Selain ketiga faktor tersebut, penutupan lahan juga memiliki peranan yang cukup besar, lahan terbangun tentu akan mengakibatkan limpasan permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan hutan atau belum terbangun. Sehingga untuk melakukan perhitungan limpasan permukaan dan debit sungai harus memperhatikan minimal 4 (empat) faktor utama yaitu: (1) kedalaman hujan (P), (2) kondisi tanah kelembaban awal (I_a) dan retensi maksimum tanah (S), dan I_a merupakan fungsi dari S dengan koefisien retensi maksimum (λ), serta (3) tipe pengolahan tanah, dan (4) kelas penutupan lahannya. Faktor ke (2) dan ke (3) digabungkan dan disederhanakan dalam sebuah nilai yang disebut dengan *Curve Number* (CN), jadi faktor untuk perhitungan limpasan permukaan dalam SCS-CN menjadi 3 (tiga) faktor yaitu kedalaman hujan (P), *Curve Number* (CN), dan penutupan lahan.

Metode SCS-CN telah banyak digunakan diberbagai lokasi karena metode yang sederhana namun hasilnya cukup baik, mudah diaplikasikan dengan menyederhanakan banyak faktor dalam satu nilai parameter CN (Soulis & Valiantzas, 2012). Namun demikian tentunya metode ini juga memiliki kelemahan sehingga beberapa peneliti berusaha untuk mengembangkan metode ini. Pengembangan metode SCS-CN terbaru dilakukan oleh Rajib and Merwade (2016), untuk mencari nilai limpasan permukaan dengan menggabungkan model SMA (*Soil Moisture Accounting*) dengan CN yang selanjutnya disebut dengan SMA_CN dalam *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT). Sebelumnya Kabiri (2014), melakukan kalibrasi pada koefisien retensi maksimum (λ) dan menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang cukup signifikan pada hasil model yaitu berupa limpasan permukaan dengan penggunaan nilai koefisien yang berbeda yaitu 0,05 dan 0,2. Narayana (1993) dan Das (2008) menyatakan bahwa nilai rasio antara abstraksi awal dengan retensi maksimum adalah berdasarkan AMC (*Antecedent Moisture Condition*) dari tanah, yang nilainya antara 0,1 hingga 0,3. Hawkins (2007) melakukan 2 (dua) kali penelitian, yaitu menyatakan bahwa lebih dari 90 persen dari rasio antara abstraksi awal dengan retensi maksimum adalah lebih kecil dari 0,2 selanjutnya menyarankan menggunakan nilai koefisien sebesar 0,05 dari pada nilai umum yang biasa dipakai yaitu 0,2. Abdullah, et al. (2004) mengembangkan nilai koefisien baru yang disebut dengan *cfn* (*correction coefficient for curve number*) untuk menghasilkan *curve number* baru yang disebut dengan CN' berdasarkan kondisi daerah aliran sungai dengan

menggunakan data *hydrograph* hasil observasi. Satu-satunya penelitian di Indonesia dengan metode SCS-CN pernah dilakukan oleh Tikno et al. (2012), penelitian ini hanya menerapkan penggunaan model ini di DAS Ciliwung tanpa melakukan proses kalibrasi pada model.

Penelitian terdahulu yang diuraikan pada paragraf sebelumnya, hampir semua menyarankan perlu proses koreksi pada nilai koefisien retensi maksimum dan abstraksi awal disesuaikan dengan kondisi wilayah tertentu, sebelum metode SCS-CN digunakan. Koreksi nilai CN hanya dilakukan oleh Abdullah et al. (2004) dengan lokasi penelitian di Peninsular Malaysia. Semua hasil penelitian menyatakan bahwa nilai koefisien sangat bervariasi dan sangat tergantung pada kondisi tanah dan hidrologis lokasi, sehingga metode SCS-CN bisa digunakan dengan tepat jika nilai koefisien retensi maksimum telah dikoreksi dan perlu penyesuaian nilai CN-nya. Selain koreksi terhadap koefisien retensi maksimum, permasalahan penggunaan metode SCS-CN di Indonesia adalah (1) kelas penutupan lahan yang digunakan untuk penentuan CN di USDA sangat berbeda dengan kelas penutupan lahan yang ada di Indonesia serta (2) peta klasifikasi tanah yang ada di Indonesia adalah dalam bentuk SPT (Satuan Pemetaan Tanah) berdasarkan taksonomi tanah atau tidak adanya peta tanah dalam bentuk HSG.

Dari latar belakang yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa sampai dengan saat ini belum pernah ada penelitian yang mengoreksi nilai koefisien retensi maksimum pada metode SCS-CN untuk kondisi DAS di Indonesia. Perlu dilakukan penelitian mengoreksi nilai CN (penyesuaian klasifikasi tanah dan kelas penutupan lahan), sehingga ditemukan nilai koefisien retensi maksimum yang paling sesuai dengan kondisi di lokasi penelitian di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang pada bagian sebelumnya, beberapa masalah dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- 1) SPT (Satuan Pemetaan Tanah) di Indonesia berdasarkan Taksonomi Tanah 2014, berbeda dengan peta jenis tanah berdasarkan HSG (*Hydrologic Soil Group*) USDA.
- 2) Klasifikasi kelas penutupan lahan di Indonesia berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) 2010, berbeda dengan kelas penutupan lahan dari USDA.

- 3) Nilai CN sangat tergantung pada jenis penutupan lahan dan jenis tanah (taksonomi tanah).
- 4) Data debit hasil pengukuran terdiri dari beberapa komponen, yaitu: limpasan permukaan, infiltrasi, *groundwater flow*, dan hujan langsung yang jatuh.
- 5) Nilai koefisien retensi maksimum (λ) pada model SCS-CN sangat bervariasi tergantung pada kondisi dan karakteristik lokasi penelitian.

1.3 Perumusan Masalah

Masalah-masalah terukur yang akan dicari jawabannya pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana cara mengkonversi SPT berdasarkan taksonomi tanah dengan HSG dari USDA?
- 2) Bagaimana cara mengkomparasi/menyepadankan kelas penutupan lahan berdasarkan SNI dengan kelas penutupan lahan dari USDA?
- 3) Bagaimana cara menentukan nilai CN berdasarkan hasil konversi HSG dan mengkomparasi/ menyepadankan kelas penutupan lahan?
- 4) Bagaimana cara memisahkan limpasan permukaan dari debit total?
- 5) Berapa nilai koefisien retensi maksimum (λ) yang sesuai dengan kondisi lokasi penelitian?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini bermaksud memodifikasi koefisien retensi maksimum pada metode SCS-CN melalui konversi klasifikasi tanah dan komparasi kelas penutupan lahan dengan kalibrasi limpasan permukaan.

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Mengkonversi klasifikasi tanah berdasarkan SPT ke dalam HSG dari USDA.
- 2) Mengkomparasi kelas penutupan lahan berdasarkan SNI dengan kelas penutupan lahan dari USDA.
- 3) Menentukan CN berdasarkan HSG hasil konversi klasifikasi tanah dan hasil komparasi kelas penutupan lahan.

- 4) Menentukan metode pemisahan limpasan permukaan yang sesuai untuk lokasi penelitian.
- 5) Menentukan koefisien retensi maksimum (λ) pada metode SCS-CN yang sesuai dengan kondisi lokasi penelitian.

1.5 Kebaruan (*Novelty*)

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini adalah menentukan nilai koefisien retensi maksimum (λ) dengan metode SCS-CN, yang didasarkan pada:

- 1) Konversi SPT ke dalam HSG.
- 2) Komparasi kelas penutupan lahan SNI ke kelas penutupan lahan USDA.
- 3) Penyesuaian nilai CN hasil konversi SPT dan hasil komparasi kelas penutupan lahan.
- 4) Metode pemisahan limpasan permukaan.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kemudahan pada aplikasi metode dan perluasan khasanah keilmuan dalam hal:

- 1) Menyajikan langkah-langkah/alur proses konversi SPT ke dalam HSG dan menyepadankan kelas penutupan lahan untuk mendapatkan nilai CN sesuai lokasi penelitian.
- 2) Mempermudah dan meningkatkan akurasi hasil perhitungan limpasan permukaan apabila data pengukuran debit langsung tidak tersedia, terutama untuk diaplikasikan di Indonesia.
- 3) Menjelaskan proses pemisahan limpasan permukaan dari debit total.
- 4) Menambah khasanah keilmuan pada bidang sumber daya air, terutama dalam ranah pemodelan limpasan permukaan dengan metode SCS-CN.

1.7 Pembatasan (Ruang Lingkup) Masalah

Penelitian ini menyangkut sistem yang sangat kompleks, melibatkan sumber daya yang sangat beragam yang ketersediaannya terbatas secara kuantitas, kualitas, dan kontinuitas. Oleh karena itu penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

- 1) SPT berdasarkan Taksonomi Tanah 2014.

- 2) Analisis konversi SPT berdasarkan Taksonomi Tanah ke dalam HSG sampai pada tingkat kedetailan subgrup.
- 3) Klasifikasi kelas penutupan lahan berdasarkan SNI 2010.
- 4) Penelitian ini tidak memperhitungkan: *Antecedent Moisture Condition* (AMC) atau *Antecedent Runoff Condition* (ARC).
- 5) Lokasi penelitian dilakukan pada DAS Katulampa dengan titik kontrol debit AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) di Pintu Air Katulampa.
- 6) Hujan kawasan pada DAS di analisis dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*.

1.8 Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan; bab ini memberikan gambaran tentang latar belakang penelitian, identifikasi dan perumusan masalah serta maksud dan tujuan penelitian. Dijabarkan juga tentang posisi dan kebaruan penelitian dalam ranah disiplin ilmu teknik keairan. Pada bagian akhir bab ini dijelaskan tentang manfaat serta batasan-batasan penelitian.

Bab 2 Kajian Pustaka dan Kerangka Berpikir; bab ini menguraikan tentang penelitian-penelitian SCS-CN sebelumnya; dengan beberapa nilai koefisien retensi maksimum (λ) yang diperoleh. Kerangka berpikir menjelaskan estimasi limpasan permukaan dengan metode SCS-CN, penetapan jenis tanah ke dalam HSG, melakukan komparasi penutupan lahan dengan standar USDA dan pemisahan limpasan permukaan. Pada bagian terakhir kerangka berpikir disertai hipotesa awal penelitian.

Bab 3 Metode Penelitian; menjelaskan tentang alur penelitian, data primer dan sekunder yang digunakan serta teknik analisis yang dilakukan seperti penentuan HSG, perumusan klasifikasi lahan, perumusan CN, pemisahan limpasan permukaan, dan penentuan nilai λ .

Bab 4 Kompilasi dan Analisis Data; 2 (dua) analisis yaitu analisis CN; berdasarkan hasil konversi SPT ke dalam HSG dan komparasi Kelas Penutupan Lahan serta analisis data kondisi daerah aliran sungai berdasarkan kondisi curah hujan, jenis tanah, penutupan lahan dan pengolahan lahan.

Bab 5 Hasil Penelitian dan Pembahasan; menjelaskan tentang hasil penelitian dan nilai koefisien secara menyeluruh serta alur-alur baru yang muncul, berupa nilai CN baru dan nilai koefisien retensi maksimum (λ) sesuai metode SCS-CN di lokasi 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.