

PERHITUNGAN HUJAN EFEKTIF DENGAN METODE SCS-CN DAN PENGARUHNYA TERHADAP HIDROGRAF SATUAN

Anggi Nidya Sari¹⁾, Joko Sujono²⁾, Rachmad Jayadi³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, Universitas Bengkulu,
Jalan Raya Kandang Limum, Kampus UNIB, e-mai:angginidya@yahoo.com.

^{2) 3)}Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Abstrak

Perubahan penggunaan lahan di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat mempengaruhi kondisi DAS tersebut, salah satunya ialah mempengaruhi kondisi limpasan atau perubahan debit aliran sungai. Kurangnya perhatian terhadap pengelolaan sumber daya air menyebabkan rendahnya daya dukung DAS seperti berkurangnya kapasitas infiltrasi, atau kapasitas penyimpanan air yang menjadi sangat berkurang. Pemahaman mengenai proses dan besarnya hujan efektif yang terjadi serta faktor-faktor yang mempengaruhi sangat diperlukan sebagai acuan untuk pelaksanaan manajemen air dan tata guna lahan yang lebih efektif. Penelitian ini dilakukan di lima sub DAS yang terdapat di DI Yogyakarta dan sub DAS di daerah Jawa Tengah. Kelima sub DAS itu adalah sub DAS Code di Pogung, Code di Kaloran, Gajahwong di Papringan, Bogowonto di Pungangan dan Progo di Badran. Metode hujan efektif yang digunakan adalah metode SCS-CN. Hujan efektif yang diperoleh dari beberapa metode ini digunakan untuk perhitungan debit banjir rancangan, dengan metode hidrograf satuan (HS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai hujan efektif yang dihasilkan dengan metode SCS-CN bervariasi. Dan pada perhitungan debit banjir rancangan dengan metode HS yang dibandingkan dengan metode analisis frekuensi. Nilai *Initial abstraction* juga sangat berpengaruh dalam perhitungan SCS-CN.

Kata Kunci : Hidrograf satuan, hujan efektif, metode SCS-CN.

Abstract

The change of landuse at watershed (DAS) could influence that watershed's condition. This affects runoff condition or changed of discharge of watershed. Lack of attention toward water resource management causes low support capacity of DAS such as lack of infiltration capacity or lack of water storage capacity. The understanding about process and how much effective rainfall happens including influencing factors are very needed as model to apply water management and use system of field more effective. This research was conducted in five DAS of DI Yogyakarta and DAS in Central Java area. Those five DAS were DAS Code in Pogung, Code in Kaloran, Gajahwong in Papringan, Bogowonto in Pungangan and Progo in Badran. Effective rainfall method can be analysis by SCS-CN method. Effective rainfall obtained from these methods would be used for unit measurement of flood discharge design with unit hydrograph method. The result of research showed that The value of effective rainfall varied well from SCS-CN method. The design for flood discharge measurement with unit hydrograph method to compared with analysis frequency method. Initial abstraction is also very influential in the SCS-CN method.

Keyword : Unit hydrograph, Effective Rainfall, SCS-CN method

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perubahan penggunaan lahan di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat mempengaruhi kondisi DAS tersebut, salah satunya ialah mempengaruhi kondisi limpasan atau perubahan debit aliran sungai. Kurangnya perhatian terhadap pengelolaan sumber daya air menyebabkan rendahnya daya dukung DAS seperti berkurangnya kapasitas infiltrasi, atau kapasitas penyimpanan air yang menjadi sangat berkurang.

Pemahaman mengenai proses dan besarnya hujan efektif yang terjadi serta faktor-faktor yang mempengaruhi sangat diperlukan sebagai acuan untuk pelaksanaan manajemen air dan tata guna lahan yang lebih efektif. Dalam analisis debit banjir rancangan berdasarkan hujan rancangan, komponen penting yang perlu diperhitungkan adalah besarnya hujan efektif yang menjadi limpasan langsung. Beberapa model telah dikembangkan dalam perhitungan hujan efektif salah satunya adalah metode SCS-CN (*Soil Conservation Service Curve Number*).

Tata Guna Lahan

DAS secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah/ kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau danau (Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumberdaya Air, 2005). DAS biasanya dibagi menjadi daerah hulu, tengah, hilir dan pesisir. Ekosistem DAS hulu terdiri dari empat komponen utama yaitu desa, sawah, sungai dan hutan. Fungsi suatu DAS merupakan fungsi gabungan dari semua faktor yang terdapat di dalamnya. Apabila terjadi perubahan dari salah satu komponen tersebut maka akan mempengaruhi

semua bagian yang terdapat didalamnya. Perubahan ini juga dapat menyebabkan gangguan fungsi DAS itu sendiri.

Upaya untuk mengelola DAS secara baik dengan mensinergikan kegiatan-kegiatan pembangunan yang ada didalam DAS sangat diperlukan, tidak hanya untuk kepentingan ekonomi semata tapi juga untuk menghindarkan dari bencana alam yang dapat kapan saja terjadi dan dapat mengancam kehidupan manusia serta semua makhluk yang berada di sekitar DAS tersebut, bencana alam yang terjadi yaitu banjir, longsor dan kekeringan.

Hujan

Hujan terjadi akibat adanya massa udara yang menjadi dingin, mencapai suhu di bawah titik embunnya dan terdapat inti higroskopik yang dapat memulai pembentukan molekul air. Apabila massa udara terangkat keatas dan menjadi dingin karena ekspansi adiabatik dan mencapai ketinggian yang memungkinkan terjadinya kondensasi, maka akan terbentuk awan. Hujan hanya akan terjadi apabila molekul-molekul air hujan sudah mencapai ukuran lebih dari 1 mm. Hal ini memerlukan waktu yang cukup untuk tumbuh dari ukuran sekitar 1-100 mikron (Barry, R.G. dan R.J. Chorley, 1976).

Hujan efektif

Hujan efektif adalah hujan yang tidak tertahan di atas permukaan tanah atau yang terserap kedalam tanah. Setelah mengalir diseluruh permukaan DAS, kelebihan hujan menjadi limpasan langsung di *outlet* DAS (Chow dkk., 1988) atau dapat didefinisikan sebagai hujan yang mengakibatkan limpasan langsung, yaitu hujan total dikurangi dengan kehilangan-kehilangan (*losses*). meliputi air yang hilang karena infiltrasi, tertahan di dalam cekungan-cekungan dipermukaan tanah (*tampungan permukaan, depression storage*) dan karena penguapan. Untuk hujan deras yang terjadi

dalam waktu yang singkat penguapan dapat diabaikan (BambangTriatmodjo, 2010).

Karakteristik DAS Terhadap Hujan Efektif

Menurut Chay Asdak, (2010) pengaruh karakteristik DAS terhadap limpasan permukaan adalah melalui bentuk dan ukuran (morfometri) DAS, topografi, geologi dan tata guna lahan (jenis dan kerapatan vegetasi).

Luas DAS merupakan salah satu faktor penting dalam pembentukan hidrograf aliran. Semakin besar luas DAS, ada kecendrungan semakin besar jumlah hujan yang diterima dan semakin besar pula limpasan permukaan serta volume limpasan permukaan yang ditimbulkan.

Kemiringan lereng DAS mempengaruhi perilaku hidrograf dalam hal *timing*. Semakin besar kemiringan lereng suatu DAS, semakin cepat laju limpasan permukaan dan dengan demikian, mempercepat respon DAS tersebut oleh adanya curah hujan. Bentuk topografi seperti kemiringan lereng, keadaan parit dan bentuk-bentuk cekungan permukaan tanah lainnya akan mempengaruhi laju dan volume limpasan permukaan.

Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju limpasan permukaan daripada DAS berbentuk melebar walaupun luas keseluruhan dari dua DAS tersebut sama.

Kerapatan daerah aliran (drainase) juga merupakan faktor penting dalam menentukan kecepatan limpasan permukaan. Semakin tinggi kerapatan daerah aliran, semakin besar kecepatan limpasan permukaan untuk curah hujan yang sama.

Pengaruh vegetasi dan cara bercocok tanam terhadap limpasan permukaan dapat diterangkan bahwa vegetasi dapat memperlambat jalannya limpasan permukaan dan memperbesar jumlah air yang tertahan di atas permukaan tanah (*surface detention*) dan dengan demikian, menurunkan laju limpasan permukaan.

Curve Number (CN)

CN atau *Curve Number* merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tata guna lahan, kelembaban dan cara pengerjaan tanah (BambangTriatmodjo, 2010).

Peningkatan nilai CN mengindikasikan adanya penurunan kemampuan lahan untuk menyimpan air presipitasi. Dampak dari hal tersebut adalah berkurangnya volume infiltrasi sehingga meningkatkan volume limpasan permukaan atau mempertinggi debit puncak (Dasanto, B.D. dan Risyanto 2006).

Penelitian dengan SCS-CN yaitu penelitian mengenai kajian model estimasi volume limpasan yang dilakukan di DAS Keduang, Wonogiri. Diketahui bahwa perhitungan hasil total volume limpasan permukaan terprediksi (Q-SCS) di DAS Keduang pada kejadian hujan maksimum sebesar 108 mm pada tanggal 20 Desember 2005 nilainya sebesar 20.056.462 m³ dibandingkan dengan nilai aktual yang diperoleh dari hasil pengamatan (SPAS) pada tanggal 20 Desember 2005 nilainya sebesar 15.482.534 m³, sehingga terdapat selisih 29,54%. Hal ini menunjukkan SCS-CN yang diterapkan pada DAS Keduang terjadi *over estimate* dalam memprediksi total volume limpasan permukaan (Murtiono, 2008).

Penelitian yang juga menganalisa peningkatan nilai *curve number* terhadap debit banjir ialah penelitian yang dilakukan oleh Maya Amalia (2011). Pada penelitian ini memperlihatkan bahwa perubahan tata guna lahan pada suatu DAS akan mempengaruhi besarnya limpasan permukaan dan debit banjir sungai. Dalam kurun waktu 20 tahun nilai CN terjadi peningkatan sebesar 3,2% dikarenakan luas hutan yang terus berkurang dan pemanfaatan lahan untuk pertanian dan pemukiman terus bertambah. Untuk melengkapi analisa perubahan tata guna lahan sebagai salah satu penyebab terjadinya banjir maka dalam

penelitian ini juga dilakukan analisa terhadap hidrograf satuan tahun 2006-2010. Dari hasil hidrograf satuan tahun 2006 dan 2010 terlihat bahwa kenaikan nilai $CN_{komposit}$ sebesar 2,7 % dapat mengakibatkan kenaikan debit puncak pada hidrograf satuan terukur sebesar 16,3 %.

Banjir Rancangan

Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan hidraulik (termasuk bangunan sungai), sedemikian sehingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Sri Harto, 2009). Banjir rancangan dapat berupa debit puncak, volume banjir, tinggi muka air maupun hidrograf. Faktor – faktor yang mempengaruhi cara penetapan banjir rancangan adalah:

1. ketersediaan data,
2. tingkat ketelitian yang dikehendaki,
3. kesesuaian cara dengan DAS yang ditinjau.

Analisis Frekuensi

Metode ini di gunakan apabila terdapat data debit yang cukup panjang didaerah penelitian. Dalam perkiraan debit (hujan) rancangan diperlukan jenis distribusi yang sesuai dengan sifat statistik data. Untuk itu proses analisis frekuensi diperlukan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi dapat ditetapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Pemilihan data untuk analisis frekuensi ini dapat dilakukan dengan dua cara sebagai berikut.

1. cara pertama yaitu dengan mengambil satu data maksimum setiap tahun. Jadi apabila terdapat data sepanjang n tahun,

maka hanya akan ada n data dalam sampel.

2. cara kedua yaitu dengan *partial series*, hal ini dilakukan hanya jika data yang ada dalam periode pendek (panjang data < 10 tahun).

Pengujian

Pengujian yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yaitu (Bambang Triatmodjo, 2010):

1. uji Chi-Kuadrat
2. Uji Smirnov Kolmogorov

Hujan Rancangan

Hujan rancangan digunakan sebagai masukan model hidrologi untuk menentukan debit rancangan dengan menggunakan hujan-aliran, hal ini dilakukan apabila data debit (Q) kurang. Hujan rancangan dapat dihitung berdasarkan data hujan dari stasiun penakar hujan atau karakteristik hujan DAS yang dihasilkan dari studi sebelumnya. Hujan rancangan dapat berupa kedalaman hujan di suatu titik atau *hyetograph* hujan rancangan yang merupakan distribusi hujan sebagai fungsi waktu selama hujan deras.

Distribusi Rancangan

Hujan rancangan yang didistribusikan kedalam hujan jam-jaman diperlukan untuk perhitungan banjir rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan. Untuk mengubah hujan rancangan menjadi hujan jam-jaman perlu didapatkan suatu pola distribusi hujan jam-jaman. Pola ini dapat ditentukan dengan melakukan pengamatan dari kejadian hujan besar. Dengan mereratakan pola tersebut, pola distribusi rerata tersebut dianggap mewakili kondisi hujan dan digunakan untuk mendistribusikan hujan rancangan menjadi hujan jam-jaman. Hal ini dapat dilakukan jika tersedia data hujan otomatis.

Hidrograf Satuan

Ada banyak metode untuk memperoleh debit rancangan yang telah diteliti dan dikembangkan, dari mulai yang sederhana sampai yang kompleks seperti model hujan-aliran. Salah satu metode yang relatif sederhana dan masih sering digunakan untuk memperkirakan debit rancangan dengan tingkat ketelitian yang relatif baik yaitu metode hidrograf satuan (HS). Joko Sujono (1998) menyatakan bahwa metode HS merupakan metode yang relatif sederhana, mudah dalam penerapan, tidak memerlukan data yang kompleks dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. HS dapat diperoleh dengan memanfaatkan data terukur di DAS, berupa hidrograf banjir dan hujan penyebab banjirnya.

Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di suatu DAS adalah:

1. data rekaman AWLR,
2. data pengukuran debit yang cukup,
3. data hujan otomatis.

Baseflow

Baseflow atau aliran dasar merupakan keluaran dari akuifer air tanah yang dihasilkan dari air perkolasi vertikal melalui profil tanah ke air tanah dan ditopang oleh aliran perlahan-lahan dari zona aerasi (*zone of aeration*) atau aliran yang berasal dari *groundwater*. Nilai *baseflow* dari suatu DAS diperoleh dari pemisahan *baseflow* dari hidrograf debit aliran total. Ada beberapa metode yang digunakan dalam menentukan *baseflow*. Metode yang paling sering digunakan adalah metode *Straight Line Method*.

Penelitian mengenai aliran dasar dilakukan oleh Adji (2011). Penelitian ini dilakukan di Gua Gilap yang merupakan bagian hulu daerah tangkapan hujan Bribin yang mempunyai posisi strategis untuk kelangsungan air di Sungai Bribin.

Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan komponen-komponen aliran di daerah hulu Sungai Bribin. Pengukuran dilakukan dengan memasang satu buah *water level data logger* untuk mengetahui variasi tinggi permukaan air baik pada musim kemarau, saat sedang banjir dan saat musim hujan. Pemisahan aliran dasar diperoleh dengan menggunakan metode *automated baseflow separation by digital filtering*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persentase aliran dasar bulanan di Gua Gilap meningkat secara perlahan-lahan ketika menuju puncak musim kemarau, kemudian berfluktuasi pada saat musim hujan dengan kecenderungan persentase aliran dasar yang lebih kecil dibanding pada saat musim kemarau karena pengaruh meningkatnya kontribusi aliran saluran. Sementara itu, persentase pada bulan kemarau cenderung tidak mengalami fluktuasi yang berarti dan semakin meningkat seiring berkurangnya komponen aliran saluran dan celah menuju puncak musim kemarau. Selain itu, dari kisaran nilai aliran dasar sebesar 80%, maka dapat diketahui secara umum bahwa, aliran yang bersifat lambat masih dominan, sehingga debit andalan masih tetap terisi, walaupun musim kemarau.

Hujan Rata-rata

Cara menghitung hujan rata-rata yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan Poligon Thiessen. Perhitungan dengan metode ini dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$H_d = \sum \alpha \cdot H_i \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{A_i}{A} \quad (2)$$

dengan :

H_d = hujan rata-rata DAS (mm),

H_i = hujan pada masing-masing stasiun i (mm),

α = koefisien Thiessen,

A_i = luas masing-masing polygon i (km²),

A = luas DAS (km^2).

Agihan Hujan

Hujan yang terjadi umumnya memiliki pola agihan untuk hujan jam-jaman. Pola ini penting untuk mengetahui setiap kejadian hujan yang terjadi. Untuk memperoleh pola agihan hujan pada lokasi studi maka diperlukan informasi mengenai besarnya persentase hujan yang terdistribusi di tiap jamnya. Adapun langkah-langkah yang digunakan untuk menentukan agihan hujan pada penelitian ini yaitu (Sri Harto, 2009):

1. Disediakan rekaman hujan otomatis, makin panjang makin baik,
2. Untuk agihan hujan dengan lama hujan dua jam, maka semua hujan yg terjadi selama dua jam berturut-turut, dikumpulkan dan masing-masing dicatat besaran hujan pada jam pertama dan kedua dan dinyatakan dalam persen.
3. Persen pada kejadian jam pertama dan kedua selanjutnya dirata-ratakan untuk seluruh kejadian hujan yg tersedia. Dengan demikian akan diperoleh agihan hujan rata-rata untuk hujan dua jam. Untuk lama hujan lain, tiga, empat atau lima jam, dapat dicari dengan langkah yang sama.

Volume Limpasan

SCS-CN (CN Terukur)

The Soil Conservation Service (SCS, Chow dkk., 1988) telah mengembangkan suatu indeks yang disebut Bilangan Kurva (*run off curve number*). Persamaan yang digunakan pada metode ini untuk menghitung hujan efektif yaitu:

$$\Sigma P_e = \frac{(\Sigma P - I_a)^2}{\Sigma P - I_a + S} = \frac{(\Sigma P - 0,2.S)^2}{\Sigma P + 0,8.S} \quad (3)$$

dengan:

ΣP_e = kedalaman hujan efektif (mm),

ΣP = kedalaman hujan,

S = retensi potensial maksimum air oleh tanah, yang sebagian besar adalah karena infiltrasi (mm),

I_a = abstraksi awal (mm).

Hasil analisis empiris yang dilakukan oleh SCS untuk mengembangkan hubungan presipitasi-limpasan menyatakan bahwa nilai I_a yaitu:

$$I_a = 0,2 \times S \quad (4)$$

Retensi potensial maksimum dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) (mm) \quad (5)$$

Angka CN bervariasi antara 0 sampai 100. Nilai CN berlaku untuk *antecedent moisture condition* (kondisi kelengasan awal) normal (AMC II), kering (AMC I) atau kondisi basah (AMC III). Dalam penelitian ini nilai kondisi kelengasan awal dianggap kondisi normal (AMC II). Menurut metode SCS-CN setiap perubahan nilai CN akan mempengaruhi nilai retensi maksimum potensial dan volume limpasan.

Hidrograf Satuan Terukur

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk penurunan hidrograf satuan adalah metode Collins. Langkah – langkah perhitungan dengan metode Collins yaitu, membuat hidrograf debit yang terkait dengan kasus banjir, lalu ditentukan hidrograf limpasan langsung serta hujan efektif dengan menggunakan metode SCS-CN. Semua hujan efektif yang dihasilkan, kecuali bagian hujan maksimum, ditransformasikan dengan hidrograf satuan hipotetik. Hidrograf terukur lalu dikurangi dengan hidrograf yang telah dihasilkan dari hujan maksimum yang telah diperoleh. Dengan demikian akan diperoleh hidrograf satuan 1mm/jam dapat diperoleh dengan membagi semua ordinat hidrograf ini dengan intensitas hujan maksimum. Lalu hidrograf satuan yang baru ini dibandingkan dengan hidrograf satuan hipotetik, apabila sudah

mendekati atau sama, maka hidrograf satuan ini dianggap benar.

Pemisahan *Baseflow*

Pada penelitian ini metode yang digunakan pada untuk pemisahan *baseflow* adalah metode ‘garis lurus’ atau *Straight Line Method*.

Analisis Frekuensi

Langkah-langkah umum dalam melakukan analisis frekuensi yaitu data maksimu debit atau data maksimum hujan diurutkan baik dari data terbesar maupun terkecil, cara pengurutan data dapat dilakukan dengan metode *annual maximum series* atau metode *partial series*. Lalu ditetapkan distribusi yang sesuai dengan sebaran data. Uji kesesuaian yang dilakkan adalah Chi kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov.

Ketelitian Hasil Hitungan Debit Rancangan dengan Hidrograf Satuan

Setelah debit rancangan diperoleh dari hasil perhitungan hidrograf satuan kemudian langkah berikutnya adalah membandingkan debit dari hasil perhitungan hidrograf satuan tersebut dengan debit hasil analisis frekuensi. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Yue dan Hashino, 1999):

$$R_{E(n)} = \frac{|Q_{HS} - Q_{AF}|}{Q_{AF}} \times 100\% \quad (6)$$

dengan:

$R_{E(n)}$ = kesalahan relatif tiap kasus banjir,

Q_{HS} =debit banjir rancangan dengan hidrograf satuan (m^3/s),

Q_{AF} =debit banjir rancangan dengan analisis frekuensi (m^3/s),

n = jumlah kasus debit banjir

METODE PENELITIAN

Ketersediaan Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan berupa data sekunder, data sekunder

didapatkan dari beberapa instansi terkait di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah, yaitu Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Serayu Opak Oyo (BPSDA SOO), Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Progo-Bogowonto-Luk Ulo (BPSDA Probolo), Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Yogyakarta (BPDAS Yogyakarta), Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Oyo (BBWS SOO), serta dari beberapa sumber terpercaya dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun data yang dimaksud adalah data Hujan, tinggi muka air dan *rating curve*, peta DAS, tata guna lahan, dan jenis tanah.

Penentuan Hidrograf Satuan

Dalam penentuan hidrograf satuan langkah-langkah yang digunakan adalah:

1. data yang digunakan adalah data hujan jam-jaman dan data debit,
2. penentuan *baseflow* dengan metode garis lurus (*straight line method*),
3. penentuan hidrograf limpasan langsung
4. penentuan tinggi limpasan langsung,
5. menghitung hujan efektif
6. hidrograf satuan ditentukan dengan metode Collins berdasarkan hujan efektif hasil perhitungan dan hidrograf limpasan langsung,
7. menghitung kesalahan relatif untuk debit puncak (Q_p), waktu puncak (T_p) dan *time base* (T_b)

Penentuan Debit Banjir Rancangan

Untuk penentuan debit banjir rancangan langkah langkah yang dilakukan ialah:

1. menentukan hujan efektif
2. menentukan hujan rancangan DAS masing-masing kala ulang dengan menggunakan analisis frekuensi,
3. menentukan distribusi hujan rancangan dengan pola hujan rerata,
4. menentukan banjir rancangan

Debit Banjir Rancangan Acuan

Untuk penentuan debit banjir rancangan acuan langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. data yang digunakan adalah data tinggi muka air yang ditransformasikan ke data debit dengan persamaan *rating curve*,
2. data dari hidrograf debit di pilih seri data dengan *annual maximum series* atau *partial series*
3. Penentuan debit banjir rancangan acuan dengan analisis frekuensi

Kesalahan Relatif

Setelah didapatkan debit banjir rancangan menggunakan metode SCS-CN dan debit rancangan acuan dibandingkan lalu dihitung kesalahan relatif tiap kasus banjir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Tinggi Limpasan Langsung

Perhitungan tinggi limpasan langsung dihitung berdasarkan volume per luasan sub DAS. Volume limpasan langsung merupakan jumlah pengurangan debit dengan aliran dasar.

Perhitungan Hujan Efektif

Metode SCS-CN

Metode ini merupakan metode yang mengikutsertakan beberapa unsur dalam perhitungannya seperti jenis tanah, praktek konservasi, kondisi hidrologi tanah dan lengas tanah awal. Pada metode ini parameter yang juga sangat berpengaruh adalah abstraksi awal (Ia) yang merupakan fungsi dari penggunaan lahan, perlakuan dan kondisi intersepsi, infiltrasi, cadangan depresi dan lengas tanah awal.

Contoh nilai CN dan Ia dari hasil hitungan untuk sub DAS Code di Pogung disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. CN dan Ia sub DAS Code di Pogung

No	Tanggal	CN	Ia (mm)
1	4-Feb-00	98,08	0,99
2	20-Mar-00	91,79	4,55
3	19-Nov-01	98,12	0,97
4	4-Jan-02	98,54	0,75
5	3-Mar-03	68,44	23,43
6	15-Jan-04	91,15	4,93
7	7-Apr-05	79,07	13,45
8	17-Jan-06	94,48	2,97
9	16-Feb-06	95,87	2,19
10	2-Mar-07	83,87	9,77
11	30-Jan-09	80,65	12,19
12	3-Mar-09	87,20	7,45
13	2-Apr-09	97,91	1,09
14	19-Apr-09	94,82	2,77
15	7-Feb-10	92,90	3,88
16	9-Mar-10	98,87	0,58
17	12-Jun-10	98,25	0,91
18	11-Sep-10	82,00	11,15
19	8-Sep-10	92,80	3,94
20	23-Sep-10	98,22	0,92
21	18-Okt-10	96,94	1,61
22	4-Nov-11	98,10	0,98
23	24-Okt-11	98,59	0,73
24	3-Dec-12	91,37	4,80
25	17-Dec-13	97,99	1,04
rata-rata		92,24	4,72
deviasi standar		7,88	5,50
varian		0,09	1,16

Sedangkan nilai rata-rata, deviasi standard varian untuk semua DAS disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Rata-rata, deviasi standar dan varian nilai CN untuk semua sub DAS

No	Sub DAS	CN		
		Rata-rata	Deviasi Standar	Varians
1	Code di Kaloran	86,09	10,19	0,12
2	Gajahwong di Papringan	78,51	14,93	0,19
3	Bogowonto di Pungangan	79,35	14,57	0,18
4	Progo di Badran	87,26	10,99	0,13

Tabel 3. Rata-rata, deviasi standar dan varian nilai Ia untuk semua sub DAS

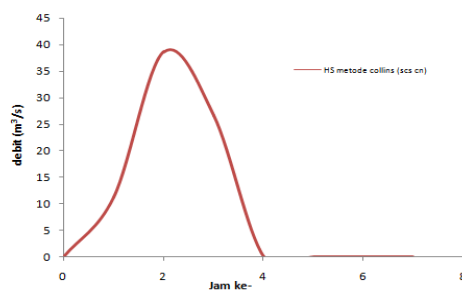
No	Sub DAS	Ia (mm)		
		Rata-rata	Deviasi Standar	Varians
1	Code di Kaloran	8,99	7,74	0,12
2	Gajahwong di Papringan	16,69	16,06	0,19
3	Bogowonto di Pungangan	15,56	13,81	0,89
4	Progo di Badran	8,46	8,52	1,01

Dalam metode ini parameter yang cukup berpengaruh adalah nilai abstraksi awal (Ia),

karena pada beberapa kejadian hujan yang cukup besar ternyata menghasilkan nilai CN yang kecil. Jadi perlu adanya penelitian lebih lanjut dalam penentuan rumus abstraksi awal (Ia), agar didapat nilai CN yang lebih tepat.

Perhitungan Hidrograf Satuan

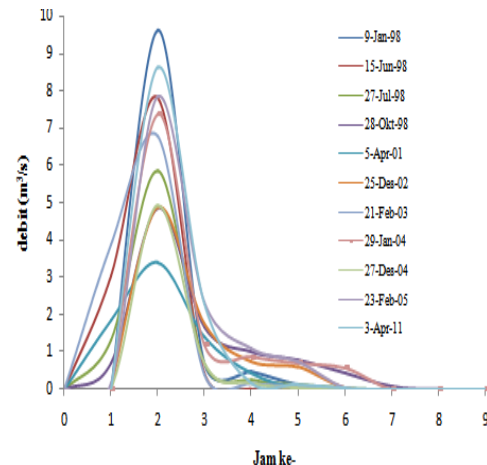
Hidrograf satuan untuk setiap kasus hujan aliran diturunkan dengan metode Collins. Penurunannya berdasarkan kasus banjir terpilih yang memiliki puncak cukup besar. Hidrograf satuan inilah yang digunakan untuk mensimulasi hidrograf banjir rancangan beberapa kala ulang. Contoh hidrograf satuan yang diperoleh dari metode Collins dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Hidrograf satuan metode SCS CN

Hidrograf Satuan Rerata

Setelah diperoleh hidrograf satuan untuk setiap kasus banjir untuk setiap DAS, dihitung rerata hidrograf satuan untuk setiap metode dan kemudian dikoreksi agar setara dengan hujan efektif 1mm. Hidrograf satuan rerata ini digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan. Contoh hasil pererataan hidrograf satuan DAS Code di Kaloran dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Hidrograf satuan dengan metode SCS-CN untuk analisis hujan efektif

Berdasarkan gambar di atas metode SCS-CN menghasilkan debit puncak yang cukup tinggi. Besarnya debit puncak dipengaruhi oleh jumlah hujan yang terjadi pada saat itu serta hujan efektif yang dihasilkan. Pada metode SCS-CN nilai abstraksi awal sangat berpengaruh terhadap hujan efektif yang dihasilkan.

Banjir Rancangan

Analisis Frekuensi Debit

Data debit yang digunakan pada penelitian ini merupakan data tinggi muka air hasil pembacaan AWLR yang dikonversi dengan menggunakan persamaan *rating curve* dari masing-masing sub DAS. Data debit yang ada lalu di analisis frekuensi dengan cara *partial series*. Analisis frekuensi dilakukan dengan menggunakan *software* yang ada. Nilai yang dihasilkan nantinya berupa debit banjir rancangan untuk beberapa kala ulang.

Hujan Rancangan

Hujan rancangan merupakan hujan hasil analisis frekuensi data hujan harian maksimum sub DAS yang telah dirata-ratakan. Analisis frekuensi data hujan harian maksimum juga di dilakukan dengan *partial series*.

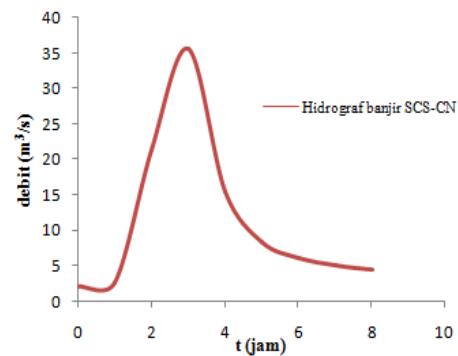
Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Hujan

Pada penelitian ini durasi hujan dominan menggunakan durasi hujan pada penelitian terdahulu yaitu penelitian Ellida Novita Lydia, 2012. Sedangkan untuk mengubah hujan rancangan kedalam hujan jam-jaman dilakukan dengan membentuk pola distribusi hujan jam-jaman. Pola ini dapat ditentukan dengan melakukan pengamatan dari kejadian hujan besar. Dengan mereratakan pola tersebut, pola distribusi rerata tersebut dianggap mewakili kondisi hujan dan digunakan untuk mendistribusikan hujan rancangan menjadi hujan jam-jaman.

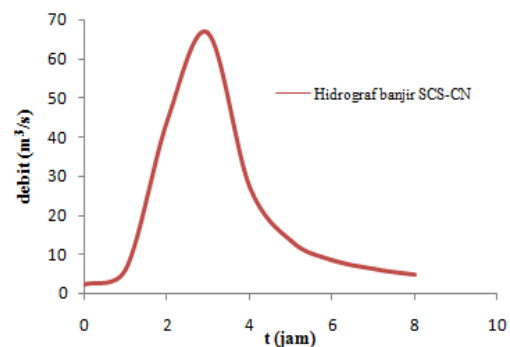
Data yang digunakan dalam menentukan agihan hujan rancangan adalah data hujan otomatis, langkah pertama adalah menentukan durasi hujan dominan yang terjadi, durasi hujan dapat ditentukan dengan mengamati pencatatan yang ada atau berdasarkan pengalaman kejadian hujan. Setelah itu menentukan % waktu dari tiap kejadian hujan, lalu tentukan kumulatif hujan yang kemudian dihitung nilai % dari kumulatif hujan tersebut. Dari % durasi hujan dan % kumulatif hujan kita dapat membuat kurva distribusi hujannya. Pola hujan rerata dapat ditentukan dengan metode interpolasi.

Debit Banjir Rancangan dengan Metode Hidrograf Satuan Terukur

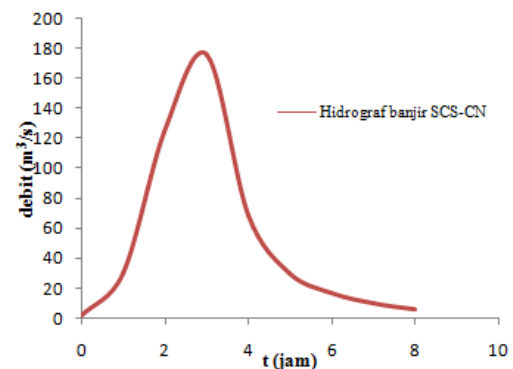
Setelah diperoleh distribusi hujan rancangan dan hidrograf satuan yang telah dihitung dengan metode SCS-CN selanjutnya dihitung debit banjir rancangan dengan kala ulang 5, 10, 20 dan 50 tahun. Contoh hidrograf banjir yang dihasilkan adalah sebagai berikut.



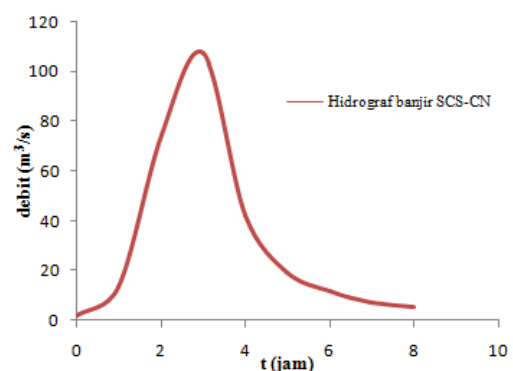
Gambar 3. Hidrograf banjir 5 tahunan



Gambar 4. Hidrograf banjir 10 tahunan



Gambar 5. Hidrograf banjir 20 tahunan

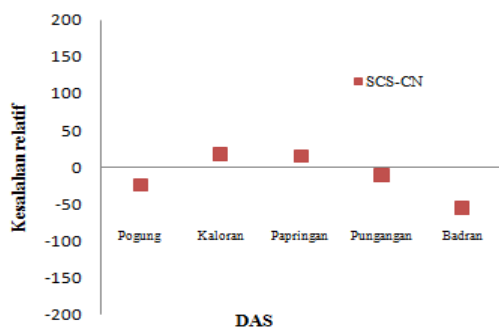


Gambar 6. Hidrograf banjir 50 tahunan

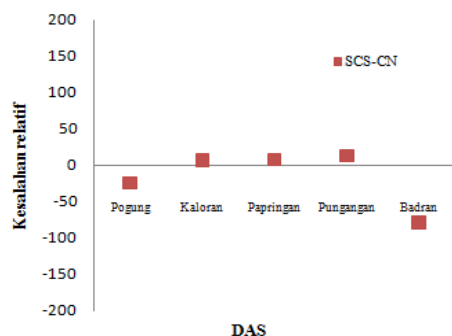
Kesalahan Relatif Debit Banjir Rancangan

Setelah diperoleh debit banjir dengan hidrograf satuan terukur langkah berikutnya adalah menghitung seberapa besar kesalahan relatif yang dihasilkan dari hidrograf satuan terukur terhadap hidrograf banjir rancangan dengan metode analisis frekuensi.

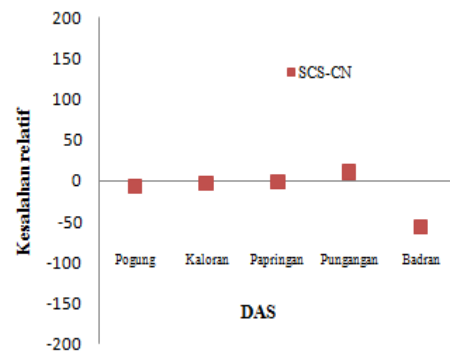
Debit banjir rancangan yang dihasilkan dengan cara analisis frekuensi cenderung menghasilkan besaran debit banjir rancangan yang terlalu kecil, hal ini disebabkan oleh data yang terlalu sedikit. Dengan pertimbangan ini maka debit banjir rancangan yang digunakan sebagai acuan adalah debit banjir rancangan hidrograf satuan yang diperoleh dengan menggunakan hujan efektif yang dihasilkan oleh phi-indeks. Dimana cara tersebut sudah lazim/baku digunakan. Berikut ini merupakan gambar hasil perhitungan kesalahan relatif banjir rancangan untuk kelima DAS yang diteliti.



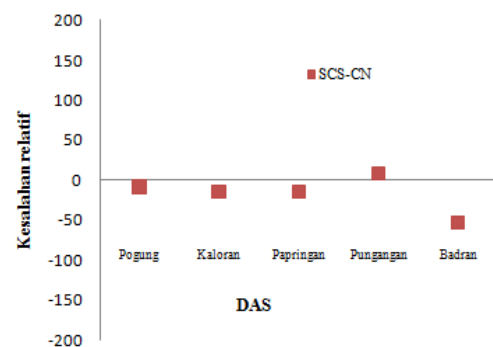
Gambar 7. Kesalahan relatif debit banjir kala ulang 5 tahun



Gambar 8. Kesalahan relatif debit banjir kala ulang 10 tahun



Gambar 9. Kesalahan relatif debit banjir kala ulang 20 tahun



Gambar 10. Kesalahan relatif debit banjir kala ulang 50 tahun

Gambar di atas menunjukkan kesalahan relatif debit banjir rancangan HS phi-indeks terhadap HS SCS-CN. Kesalahan relatif yang dihasilkan cukup besar. Hal ini disebabkan faktor kehilangan (*losses*), besarnya *losses* yang diperoleh mempengaruhi besarnya hujan efektif yang dihasilkan dari hujan rancangan yang diperoleh, sehingga menghasilkan debit yang cukup besar dibandingkan dengan debit yang dihasilkan dari analisis frekuensi. Selain itu penyimpangan yang besar disebabkan oleh perbedaan jumlah kasus banjir yang dianalisis untuk menurunkan HS sehingga berpengaruh terhadap HS reratanya. Perbedaan ini juga menghasilkan debit puncak yang berbeda untuk setiap metode, HS dengan puncak hidrograf banjir yang kecil akan menghasilkan debit puncak yang kecil, begitupun sebaliknya.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut.

1. Hujan efektif yang dihasilkan dengan metode SCS-CN pada penelitian ini cukup bervariasi. Variasi jumlah hujan dan *ratio initial abstraction* sangat berpengaruh terhadap nilai CN.
2. Hasil HS dengan hujan efektif berdasarkan metode SCS-CN memberikan kesalahan relatif relatif cukup besar

DAFTAR PUSTAKA

- Adji. 2011. **Pemisahan Aliran Dasar Bagian Hulu Sungai Bribin pada Aliran Gua Gilap.** di Kars Gunung Sewu, Gunung Kidul, Yogyakarta. *Jurnal Geologi Indonesia*. Vol. 6 No. 3, hal : 165-175.
- Bambang Triatmodjo. 2010. **Hidrologi Terapan.** Beta Offset: Yogyakarta.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. 1988. **Applied Hydrology.** McGraw-Hil Book Company: New York.
- Ellida Novita Lydia. 2012. **Pola Agihan dan Pengaruhnya Terhadap Banjir Rancangan.** Tesis. Magister Pengelolaan Bencana Alam Universitas Gadjah Mada.
- Joko Sujono. 1998. **Penurunan Hidrograf Satuan dengan Data Hujan Harian.** Jurnal Media Teknik No. 1 Tahun XX Edisi Februari. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Maya Amalia., 2011. **Analisa Peningkatan Nilai Curve Number terhadap Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Progo.** *Info Teknik.* Vol. 12. No. 2, hal : 35-39.
- Murtiono, U.H. **Kajian Estimasi Volume Limpasan Permukaan, Debit Puncak Aliran dan Erosi Tanah dengan Model Soil Conservation Service (SCS). Rasional dan Modified Universal Soil Loss Equation (Musle).** *Forum Geografi.* Vol. 22, hal: 169-185.
- Sri Harto Br. 2009. **Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian.** Nafiri Offset: Yogyakarta.