

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Menurut Walega (2016), dalam analisis hidrologi pemodelan hidrograf dilakukan dengan mengubah hujan efektif menjadi debit limpasan. Dan juga mengatakan bahwa memahami hidrologi dan memodelkan hidrograf suatu daerah adalah hal yang penting dalam menilai kesejahteraan lingkungan serta ekonomi DAS. Maka dari itu diperlukan perhatian terhadap memasukan parameter penentu *output* suatu model hidrograf agar tidak terjadinya ketidakpastian data. Oleh sebab itu, menurut Agustianto (2014) untuk memperhitungkan besarnya hujan yang masuk ke palung sungai yang nantinya menjadi limpasan pada permukaan DAS sangat bergantung pada pola hujan, karakteristik serta kondisi DAS.

Pada penelitian Safarina ddk. (2011) untuk mengkaji berbagai karakteristik DAS dalam penelitian tersebut dapat menentukan metode hidrograf satuan sintetik yang tepat. Dengan cara yaitu masing-masing metode ditentukan dalam rentang validitas berdasarkan parameter karakteristik dan akan disajikan dalam bentuk pengelompokan metode-metode hidrograf satuan sintetik.

Menurut Triatmodjo (2015), tujuan dari hidrograf satuan adalah untuk digunakan mencari hubungan antara limpasan permukaan dan hujan sebagai penyebabnya. Dengan hidrograf satuan dapat dilakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran dan seberapa besar pengaruh hujan efektif terhadap limpasan langsung. Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini cukup sederhana, mudah penerapannya, dan tidak memerlukan data yang kompleks untuk memberikan data rancangan yang cukup teliti. Siby (2013) menjelaskan juga bahwa Hidrologi Satuan Sintetik dapat diterapkan dengan baik sebagai pemanfaatan untuk perencanaan pengamanan bahaya banjir apabila data-data curah hujan pada tiap stasion di ketahui dan dihitung debitnya.

Pada penelitian yang mengevaluasi dan membandingkan data curah hujan berbasis satelit dalam memperkirakan curah hujan skala musiman Ali dkk. (2017) menyimpulkan bahwa hasil pengamatan pada skala musiman mendapat hasil yang

kurang baik pada semua musim. Begitu juga menurut Wang dkk. (2017) bahwa hasil yang di dapat kurang baik tetapi ada konsistensi yang sedikit lebih baik antara produk satelit dan pengukuran yaitu pada musim gugur. Perlu dilakukan investigasi lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada produk curah hujan satelit. Pola hujan yang berbeda-beda juga mempengaruhi kesesuaian data curah hujan lapangan dengan produk data curah hujan satelit.

Menurut Mamenun dkk. (2014), bahwa hubungan curah hujan *TRMM* dengan observasi pada skala bulanan dan musiman mempunyai hasil korelasi yang baik di bandingkan dengan skala harian. Perbandingan data hujan satelit terhadap data lapangan menunjukkan pada wilayah dengan pola hujan monsun, pola dan intensitas data satelit cukup mendekati data hujan lapangan. Pada wilayah lokal, data satelit cenderung *underestimate* pada musim hujan dan cukup dengan data lapangan pada musim kemarau. Maka dari itu, korelasi yang tinggi di peroleh pada musim kemarau dan sebaliknya pada musim hujan.

Pada penelitian Syaifullah (2014) mengatakan bahwa pemanfaatan teknologi satelit untuk hal informasi presipitasi sebagai alat pengukur hujan jarak jauh sangat membantu dalam menjangkau daerah-daerah yang sulit untuk dilakukan pengukuran curah hujan sehingga menjadi sangat efektif dan efisien dalam penggunaannya. Sedangkan Sutikno (2017) data satelit menjadi alternatif analisis banjir di wilayah dengan keterbatasan data lapangan. Begitu juga menurut Meng dkk. (2013) untuk data curah hujan dengan pengukuran berbasis satelit memiliki keunggulan lebih dibanding pengukuran berbasis darat karena berpotensi menyediakan alternatif sebagai sumber data yang jarang atau data yang tidak di ukur yaitu dalam hal spasial, resolusi temporal, maupun cakupan wilayah. *HARRis* dkk. (2007) dalam penelitiannya juga mengatakan data hujan satelit menjadi sumber input yang hemat biaya untuk memprediksi banjir, memiliki jumlah data curah hujan tak terbatas dan mudah di akses secara global hanya melalui internet.

2.1.2. Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu

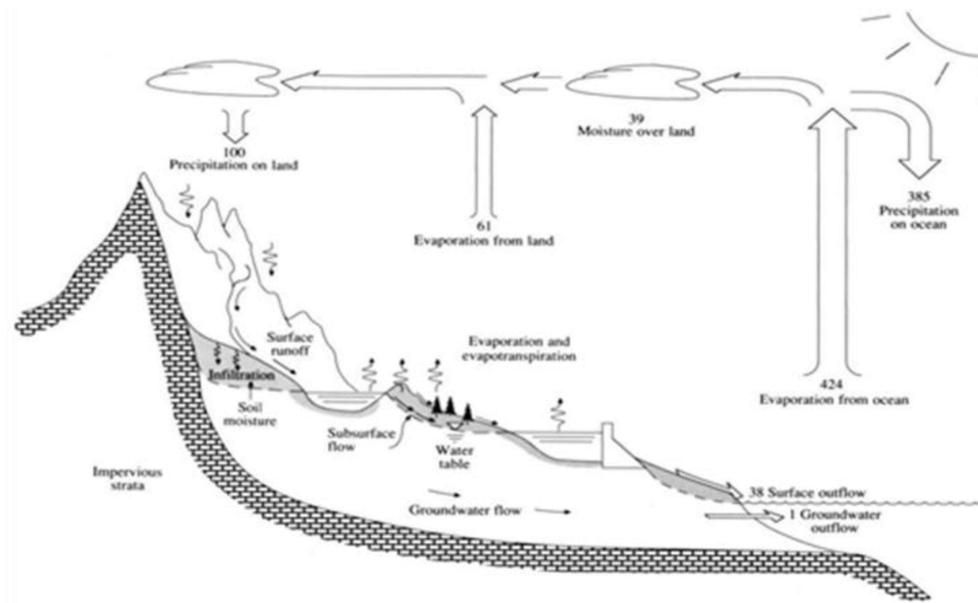
Penelitian ini dilakukan guna memprediksi limpasan langsung antara data hujan lapangan dan satelit yang terjadi di DAS Gajah Wong dengan menggunakan hidrograf model *Snyder* yang kemudian kedua data valid tersebut di bandingkan

untuk mengetahui kategori kala ulang yang didapatkan berdasar skema debit banjir kala ulang di sungai Gajah Wong.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Siklus Hidrologi

Pengertian siklus hidrologi menurut Asdak (2014) adalah gerakan air dari permukaan bumi. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Siklus hidrologi secara alamiah dapat dilihat pada Gambar 2.1.

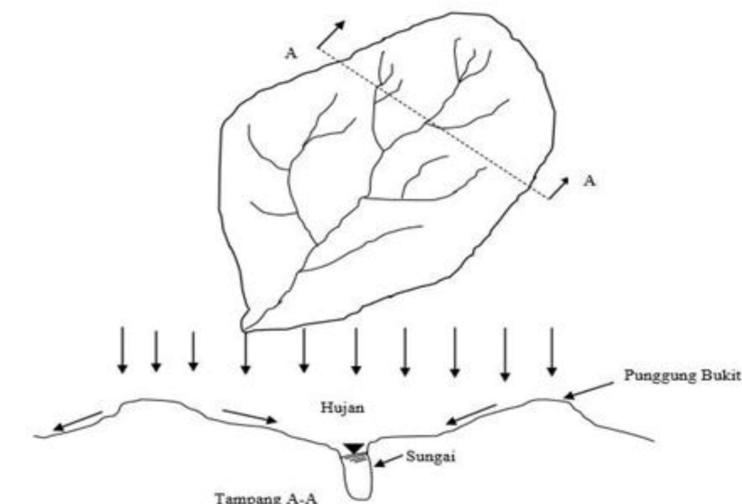


Gambar 2.1 Siklus hidrologi (Chow, 1988)

Air hujan yang sampai ke permukaan tanah sebagian terserap ke dalam tanah (infiltrasi), sedangkan yang tidak terserap akan tertampung sementara dalam cekung-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) kemudian mengalir di atas permukaan tanah dan selanjutnya mengalir ke sungai. Air hujan yang jatuh pada permukaan tanah yang telah mencapai kondisi kelembapan air tanah jenuh, akan mengalir di permukaan tanah yang selanjutnya menjadikan aliran limpasan (*overland flow*) dan menjadi limpasan (*run-off*). Komponen limpasan terdiri dari tiga sumber yaitu aliran permukaan, aliran antara, dan aliran dasar (*baseflow*).

2.2.2. DAS (Daerah Aliran Sungai)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Triatmodjo, 2015). Dalam pemodelan hidrologi data wilayah DAS dianggap perlu untuk mengetahui batas-batas wilayah DAS yang akan di tinjau. Daerah Aliran Sungai (DAS) ditentukan dengan menggunakan peta topografi dilengkapi dengan garis-garis kontur yang digunakan untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak ke titik yang lebih rendah dalam garis kontur. Garis yang mengelilingi DAS tersebut merupakan titik tertinggi. Air hujan yang jatuh didalam DAS akan mengalir menuju sungai utama dan yang jatuh di luar DAS akan mengalir ke sungai lain dari luar DAS. Dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Daerah Aliran Sungai (Triatmodjo, 2015)

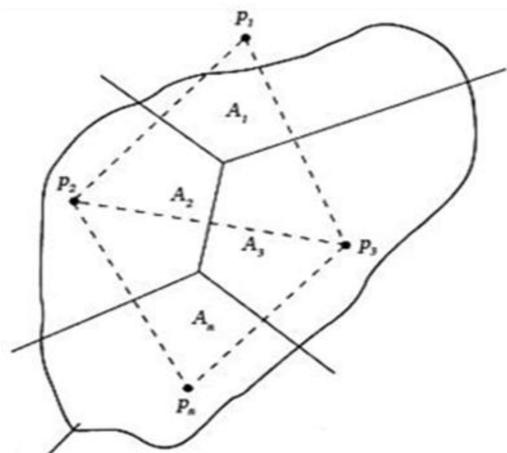
2.2.3. Stasiun dan Data Hujan

Triatmodjo (2015) menyebutkan bahwa hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Jumlah hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam kedalaman hujan (biasanya dalam satuan mm), yang dianggap terdistribusi merata pada seluruh daerah tangkapan air. Data hujan diukur menggunakan alat pengukur hujan, biasanya diletakkan di stasiun hujan. Pada stasiun hujan terdapat alat pengukur hujan yang menampung air hujan yang jatuh secara langsung.

2.2.4. Curah Hujan Rata-Rata DAS

Menurut Triatmodjo (2015) menyebutkan bahwa hujan adalah sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Hujan biasanya diukur menggunakan alat pengukur hujan, biasanya diletakkan di stasiun *AWLR*. Data diperoleh dari alat pengukuran hujan hanyalah berupa data hujan pada satu titik saja (*point rainfall*) dan dalam hal ini diperlukan data kedalaman curah hujan rata-rata kawasan yang didapat dari data kedalaman curah hujan beberapa stasiun pengukuran hujan yang berada di sekitar kawasan tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan metode *Polygon Thiessen*. Contoh gambar *Polygon Thiessen* ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan perhitungan hujan kawasan sebagai berikut:



Gambar 2.3 Polygon Thiessen

Dengan :

\bar{p} : kedalaman hujan rata-rata kawasan (mm)

p_1, p_2, p_3, p_n : kedalaman hujan pada stasiun 1, 2, ... n (mm)

A_1, A_2, A_3, A_n : luas area yang mewakili stasiun 1, 2, ... n (m²)

2.2.5. Hujan Efektif

Menurut Triatmodjo (2015), hujan efektif (*effective rainfall*) adalah bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai yang sama dengan hujan total yang jatuh di permukaan tanah dikurangi kehilangan air yang biasa juga disebut dengan abstraksi meliputi air yang hilang dikarenakan infiltrasi, tertahan didalam cekungan-cekungan dipermukaan tanah dan karena penguapan. Hujan yang jatuh

di permukaan tanah merupakan fungsi waktu yang berbentuk histogram yang sangat penting dalam analisis hubungan hujan-limpasan. *The Soil Conservation Service (SCS)* mengembangkan metode untuk menghitung hujan efektif dari hujan deras, dalam bentuk persamaan berikut:

$$Pe = \frac{(P-0,2 S)^2}{P+0,8 S} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

Pe : kedalaman hujan efektif (mm)

P : kedalaman hujan (mm)

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

Persamaan (2.1) merupakan persamaan dasar untuk menghitung kedalaman hujan efektif. Retensi potensial maksimum mempunyai bentuk berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan CN adalah *Curve Number* yang merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tataguna lahan, kelembaban dan cara pengerjaan tanah.

2.2.6. *CN (Curve Number)*

SCS-CN adalah pendekatan yang sangat sederhana dan mudah diterapkan yang dikembangkan untuk memprediksi limpasan permukaan dari suatu DAS. Jenis tanah, penggunaan lahan, kondisi permukaan, dan kelembaban dari DAS mempengaruhi besar kecilnya limpasan langsung yang terjadi. Secara tipikal maka untuk menghitung limpasan harus membagi DAS menjadi area yang kecil (Kowalik dan Walega, 2015).

Dengan menggabungkan tataguna lahan dan tekstur tanah yang ada maka dapat ditentukan nilai CN untuk setiap luasan pada seluruh DAS. Dalam menentukan *Curve Number (CN)* harus memperhatikan kondisi kelembaban tanah atau *antecedent moisture conditions (AMC)*. Limpasan langsung yang terjadi sangat dipengaruhi oleh kelembaban tanah, kelembaban tanah yang tinggi (musim hujan) akan memberikan potensi limpasan langsung yang cukup besar begitu sebaliknya.

Menurut Triatmodjo (2015), nilai CN yang disediakan pada tabel hanya berlaku untuk *antecedent moisture conditions* (kondisi kelengasan awal) normal

(AMC II). Untuk kondisi kering (AMC I) atau kondisi basah (AMC III), nilai CN ekivalen dapat dihitung dengan persamaan (2.1) dan (2.2).

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)} \dots \dots \dots (2.3)$$

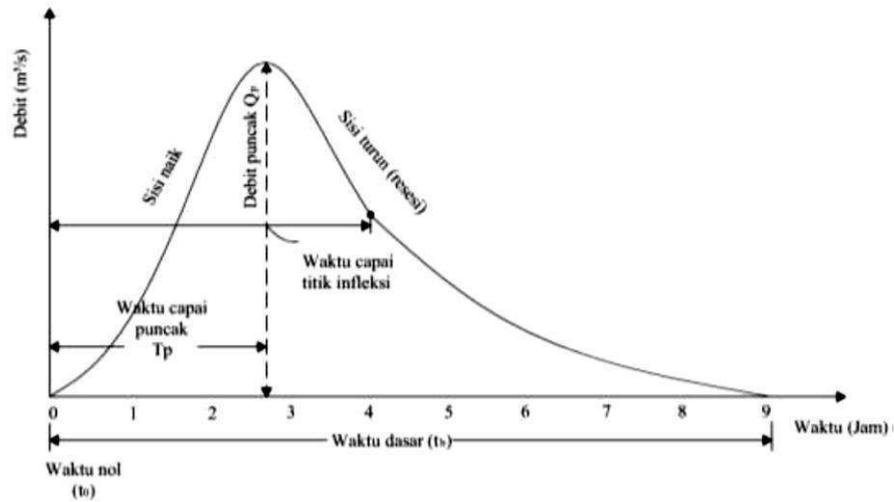
dan

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 - 0.013 \cdot CN(II)} \dots \dots \dots (2.4)$$

2.2.6. HSS (Hidrograf Satuan Sintetik) Snyder

Hidrograf menurut Triatmodjo (2015) adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran dan waktu. Parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran atau debit aliran, sehingga terdapat dua macam hidrograf yaitu hidrograf muka air dan hidrograf debit. Hidrograf muka air dapat ditransformasikan menjadi hidrograf debit menggunakan *rating curve*.

Komponen hidrograf mempunyai tiga komponen pembentuk yaitu 1) aliran permukaan, 2) aliran antara, dan 3) aliran air tanah. Waktu nol (*zero time*) menunjukkan awal hidrograf. Puncak hidrograf adalah bagian dari hidrograf yang menggambarkan debit maksimum. Waktu capai puncak (*time to peak*) adalah waktu yang diukur dari waktu nol sampai waktu terjadinya debit puncak. Sisi naik (*rising limb*) adalah antara waktu nol dan waktu capai puncak. Sisi turun (*recession limb*) adalah yang menurun antara waktu capai puncak dan waktu dasar. Waktu dasar (*timebase*) adalah diukur dari waktu nol sampai waktu dimana sisi turun berakhir. Hujan dengan tebal, intensitas, dan lama hujan tertentu akan berpengaruh pada sisi naik. Puncak hidrograf menunjukkan adanya debit maksimum untuk suatu kejadian hujan sedangkan sisi resesi menunjukkan adanya aliran dasar (*baseflow*) yang mengalir ke sungai setelah hujan berhenti. Waktu capai titik infleksi yaitu titik belok atau adanya suatu patahan bentuk lengkung hidrograf aliran bergantung pada karakteristik hujan. Semakin tinggi intensitas hujan, maka semakin tinggi pula puncak hidrografnya. Komponen hidrograf dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Komponen hidrograf (Triatmodjo, 2015)

Pada penelitian Siswoyo (2012) mengatakan bahwa *Snyder* merupakan salah satu model hidrograf yang dikembangkan berdasarkan karakteristik DAS-DAS di pegunungan *Appalachian*, Amerika Serikat. *Snyder* juga berbeda dan dianggap lebih mudah dalam pengaplikasiannya dari model hidrograf lainnya karena tidak memerlukan data *AWLR (Automatic Water Level Recorder)*, data pengukuran debit, data hujan harian, dan data hujan jam-jaman yang lengkap untuk menentukan puncak hidrograf dari suatu DAS. Akan tetapi penerapan model *Snyder* akan menghasilkan debit puncak paling kecil jika dibandingkan dengan menggunakan model lainnya seperti *Nakayasu*, *SCS*, dan *Gama I*.

Metode *Snyder* memiliki 4 parameter yaitu waktu, kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut (Triatmodjo, 2015). Berikut parameter serta persamaan yang digunakan untuk metode *Snyder* dapat dilihat pada persamaan hitungan di bawah ini.

$$tp = (L \cdot Lc)^{0,3} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Qp = \frac{cpA}{tp} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$T = 3 + \frac{tp}{8} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$tD = \frac{tp}{5,5} \dots\dots\dots (2.8)$$

Apabila durasi hujan efektif tr tidak sama dengan durasi standar tD , maka :

$$tpR = tp^2 + 0,25 (tr - tD) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan:

t_p : waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf satuan (jam)

t_r : durasi hujan efektif (jam)

t_D : durasi standar dari hujan efektif (jam)

t_{pR} : waktu dari titik berat hujan t_r ke puncak hidrograf satuan (jam)

T : waktu dasar hidrograf satuan (jam)

Q_p : debit puncak untuk durasi t_D

Q_{pR} : debit puncak untuk durasi t_r

L : panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang di tinjau (km)

L_c : jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

A : luas DAS (km²)

C_t : koefisien yang tergantung kemiringan Das, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7

C_p : koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,1

Dengan menggunakan rumus-rumus tersebut di atas dapat digambarkan hidrograf satuan. Untuk memudahkan penggambaran, berikut ini diberikan beberapa rumus :

$$Pr = \frac{t_r}{2} + t_{pR} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$W_{50} = \frac{0,23A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$W_{75} = \frac{0,13A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Pr adalah waktu dari awal hujan hingga puncak. W_{50} dan W_{75} adalah lebar unit hidrograf pada debit 50% dan 75% dari debit puncak, yang dinyatakan dalam jam. Sebagai acuan, lebar W_{50} dan W_{75} dibuat dengan perbandingan 1:2 dengan sisi pendek di sebelah kiri dari hidrograf satuan.

Menurut Agus dan Alamsyah (2008) persamaan *Snyder* hanya menghasilkan debit puncak Q_p dan waktu mencapai debit puncak suatu hidrograf. Maka dari itu,

perlu adanya kalibrasi paramet-parameternya untuk mendapatkan lengkung debit hidrografnya dengan menggunakan rumus *ALEXEJEV*. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$Qt = Qp \times t \dots\dots\dots (2.14)$$

$$X = \frac{t}{Pr} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \dots\dots\dots (2.16)$$

yang mana a dan l didapatkan persamaan berikut:

$$a = 1,32 \times l^2 + 0,15 \times l + 0,045 \dots\dots\dots (2.17)$$

$$l = \frac{Qp \times Tp}{A \times h} \dots\dots\dots (2.18)$$

h = tinggi hujan = 1mm.

2.2.7. Debit Kala Ulang

Data debit banjir kala ulang yang di gunakan pada penelitian ini di dapatkan dari Skema Sungai Winongo dan Gajah Wong yang di miliki oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Serayu Opak dapat dilihat pada Lampiran 60. Data debit kala ulang merupakan acuan untuk melihat apakah debit limpasan yang hasilnya di dapatkan nilai puncaknya mampu masuk kedalam kriteria kala ulang tahunan yang telah di tetapkan berdasarkan titik outlet dari DAS Gajah Wong dalam Skema Sungai Winongo dan Gajah Wong terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Debit Kala Ulang DAS Gajah Wong

No	Kala Ulang	Debit
1	Q2	83,93 m3/s
2	Q10	166,83 m3/s
3	Q25	217,48 m3/s
4	Q50	259,27 m3/s