

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Air sebagai sumberdaya alam yang penting bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Air dibutuhkan oleh lingkungan sebagai media transportasi, sumber energi, dan bahan baku untuk kebutuhan domestik maupun industri. Secara tidak langsung, keberadaan sumberdaya air juga sebagai sarana rekreasi, lalu lintas, dan pengurangi polusi (Moreno dkk., 2015). Ketersediaan air yang berada di permukaan Bumi dipengaruhi oleh alam maupun aktivitas manusia, sehingga diperlukan pengelolaan serta perlindungan yang tepat terhadap air agar tetap lestari (United Nations World Water Development, 2009).

Pengelolaan yang salah terhadap sumberdaya air dapat meningkatkan dampak negatif atau gangguan pada siklus hidrologi (Purnama dkk., 2012). Hal ini karena hujan yang jatuh ke permukaan Bumi sebagian akan menjadi aliran permukaan, terinfiltrasi kedalam tanah, atau kembali ke atmosfer melalui proses evapotranspirasi (Ward, 1967). Jika persentase air hujan yang menjadi aliran permukaan lebih besar maka berpotensi terjadinya banjir, mengurangi daya guna bangunan air, erosi permukaan, dan ketersediaan air (Linsley, Kohler, dan Paulhus, 1949).

Air juga sebagai salah satu penyebab terjadinya bencana hidrologis seperti banjir, kekeringan, dan longsor (Arsyad, 1989). Kekeringan dan banjir sebagai permasalahan utama dalam kajian hidrologi. Kondisi ini dapat memberikan dampak negatif terhadap kehidupan manusia, salah satunya sebagai faktor penghambat pertanian di suatu daerah, khususnya untuk daerah dengan mata pencaharian utama adalah pertanian. Pertanian sebagai sektor perekonomian kecil yang rentan terhadap kekeringan (Melkoyan, 2015). Secara tidak langsung, kondisi ini dapat berdampak terhadap berbagai sektor seperti ekonomi, sosial, dan lingkungan, khususnya dalam hal ketersediaan air (Khamraev, 1995).

Pengelolaan terhadap sumberdaya air yang terpadu sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan hidrologis, yaitu dengan adanya keterpaduan antar aspek biogeofisik serta sosial (Suprayogi, Purnama, dan Darmanto, 2013). Hal ini juga terkait dengan pengembangan potensi sumberdaya air terhadap faktor kualitas dan kuantitasnya (Linsley dan Franzini, 1985). Faktor manusia mempunyai pengaruh yang besar terhadap pengelolaan sumberdaya air. Alih fungsi lahan memberikan dampak negatif terhadap kondisi lingkungan, khususnya hidrologis seperti kualitas air, debit, serta kemampuannya dalam mengendalikan erosi serta sedimentasi (Lusiana dkk, 2008). Konversi dari hutan menjadi lahan terbangun menjadi salah satu pemicu perubahan fungsi dari suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) (Liu, dkk., 2012).

Permasalahan hidrologis tersebut sebagai bentuk respon hidrologis hujan terhadap DAS. Karakteristik DAS maupun hujan setiap daerah yang berbeda akan memberikan respon hidrologis yang berbeda pula (Soewarno, 1991). Hal ini direpresentasikan dalam bentuk debit aliran dan hidrograf aliran. Berdasarkan identifikasi tersebut dapat diketahui besaran air yang keluar dari DAS dan kondisi kondisi hidrologis DAS. Pemodelan debit aliran atau aliran permukaan menjadi kajian yang penting untuk analisis masalah lingkungan (Wanielista, 1990).

Terdapat beberapa pendekatan yang dikembangkan untuk perhitungan debit aliran, yaitu pendekatan empiris dan fisik. Pendekatan empiris digunakan untuk mengestimasi kondisi hidrologi berdasarkan perhitungan matematis parameter-parameter hidrologi, observasi lapangan, serta karakteristik DAS (Booker dan Woods, 2014). Metode rasional merupakan salah satu pendekatan empiris. Metode rasional cocok digunakan untuk luas area yang relatif sempit dengan luas kurang dari 81 Ha (Dumairy, 1992). Keterbatasan dari metode ini hanya cocok untuk digunakan pada area yang sempit. Metode ini telah lama dikembangkan, yaitu sejak 1850-an (Bedient dan Huber, 1988). Perlu dilakukan modifikasi untuk menyesuaikan dengan kondisi geografis daerah kajian serta ketersediaan data.

Hasil dari pemodelan mempunyai nilai kesalahan (Hadi, 2003). Adanya modifikasi diharapkan mampu mengurangi nilai kesalahan model. Selain itu, data lapangan sangat dibutuhkan untuk keperluan kalibrasi maupun menentukan rumus dari bangunan hidrologi. Kalibrasi tersebut menggunakan hasil pengukuran langsung di lapangan, yaitu dengan pembuatan *rating curve*. Bangunan *weir* pada lokasi penelitian merupakan bangunan baru yang dibangun tahun 2015, sehingga perlu adanya perhitungan rumus debit aliran pada bangunan tersebut. Kombinasi antara model dan hasil observasi dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme aliran secara detail (Dusek dan Vogel, 2016). Pemodelan debit aliran diterapkan pada DAS dengan permasalahan hidrologis yang relatif kompleks, sehingga perlu adanya pengelolaan DAS yang tepat.



Gambar 1.1 Kumpulan Berita Permasalahan di DAS Bompon
((Ismiyanto, 2015)(kiri dan tengah) (Fitriana, 2015)(kanan))

DAS Bompon mempunyai permasalahan utama berupa ketersediaan sumberdaya air (Gambar 1.1). Kekeringan sebagai permasalahan utama. Kekeringan yang terjadi di DAS Bompon akibat cadangan air yang tersedia tidak mampu mencukupi kebutuhan air penduduk (Hardiyatmo, 2012). Kebutuhan air tersebut tidak hanya digunakan untuk kebutuhan domestik tetapi untuk pertanian. Terdapat beberapa aliran sungai Bompon yang dibendung secara konvensional

untuk kebutuhan irigasi pertanian. Ketika musim kemarau DAS Bompon mengalami kekeringan sedangkan ketika musim penghujan cadangan air permukaan sangat banyak. Kondisi tersebut menunjukkan kemampuan DAS dalam menyimpan yang relatif rendah serta jumlah air yang sangat fluktuatif terhadap musim.

Peningkatan aktivitas manusia yang disertai dengan peningkatan terhadap kebutuhan ekonomi dapat mengganggu fungsi hidrologis DAS Bompon. Pemanfaatan terhadap sumberdaya yang cenderung bersifat eksploitatif, seperti pembukaan hutan untuk pembangunan di wilayah berlereng terjal. Hal ini dapat memicu terjadinya masalah hidrologis. Kondisi ini dapat meningkatkan aliran permukaan di DAS Bompon, sehingga ketika hujan sebagian besar air yang jatuh ke permukaan tanah akan menjadi aliran permukaan. Peningkatan laju aliran permukaan berhubungan dengan peningkatan energi erosi secara signifikan (Tol, Pieter, dan Malcolm, 2011). Hal ini dapat memicu permasalahan lingkungan lainnya, seperti kesuburan tanah dan ketebalan tanah yang berkurang (Deipen & Wolf, 1989).

Metode rasional termodifikasi merupakan pengembangan dari metode rasional. Pengembangan tersebut dengan cara menambahkan prinsip keseimbangan hidrologi permukaan atau gelombang kinematik (Hua, Liang, dan Yu, 2003). Hasil dari metode tersebut dapat digunakan untuk menganalisis permasalahan hidrologis yang kompleks. Metode ini mampu memodelkan aliran secara spasial dan dinamis. Dinamis artinya proses yang terdapat pada DAS dapat dimodelkan sejalan dengan waktu. Proses tersebut dapat berupa pergerakan air, sedimen, dan perubahan bentanglahan. Hasil dari model tersebut berupa kejadian banjir dengan rentang waktu sesuai yang ditentukan. Kelebihan dari metode ini dapat digunakan untuk mensimulasikan kondisi fisik DAS dalam ruang dan waktu yang cukup detail.

1.2. Perumusan Masalah

Debit aliran sebagai informasi penting dalam pengelolaan sumberdaya air. Selain itu, komponen tersebut juga dapat digunakan untuk merepresentasikan kondisi atau permasalahan yang terdapat pada DAS. Respon dari adanya perubahan karakteristik biogeofisik digambarkan dalam bentuk hidrograf aliran. Perlu adanya pemodelan yang detail untuk perencanaan pengelolaan sumberdaya air yang lebih baik, sedangkan ketersediaan data sangat terbatas. Data tentang debit aliran DAS Bompon belum tersedia. Bangunan SPAS yang berada pada DAS Bompon baru dibangun pada *outlet* DAS tahun 2015 dan belum tersedia *rating curve*. Pembuatan *rating curve* menjadi komponen yang penting karena adanya perubahan pada penampang sungai. Kombinasi antara model dan observasi lapangan sangat diperlukan dalam hal ini, guna untuk mengetahui mekanisme dan proses yang terjadi pada DAS secara detail. Data hasil observasi juga dapat digunakan sebagai kalibrasi dari hasil pemodelan dan rumus bangunan hidrologi (*weir*).

Berdasarkan latar belakang dan uraian diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Apakah bangunan hidrologi (*weir*) pada *outlet* DAS Bompon dapat digunakan untuk perhitungan debit secara langsung?
2. Bagaimana karakteristik hidrologis DAS Bompon berdasarkan metode rasional modifikasi?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Membuat *rating curve* DAS Bompon,
2. Mengkaji karakteristik hidrologis DAS Bompon berdasarkan metode rasional modifikasi.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. memperkaya kajian hidrologis untuk pemodelan debit aliran,
2. data hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi permasalahan lingkungan yang terdapat pada DAS bompon,
3. pedoman bagi instansi untuk menyusun tata ruang serta pembatasan penggunaan lahan tertentu, dan
4. informasi bagi masyarakat tentang jenis vegetasi atau penggunaan lahan yang memicu terjadinya masalah lingkungan (manajemen lingkungan).

1.5. Tinjauan Pustaka

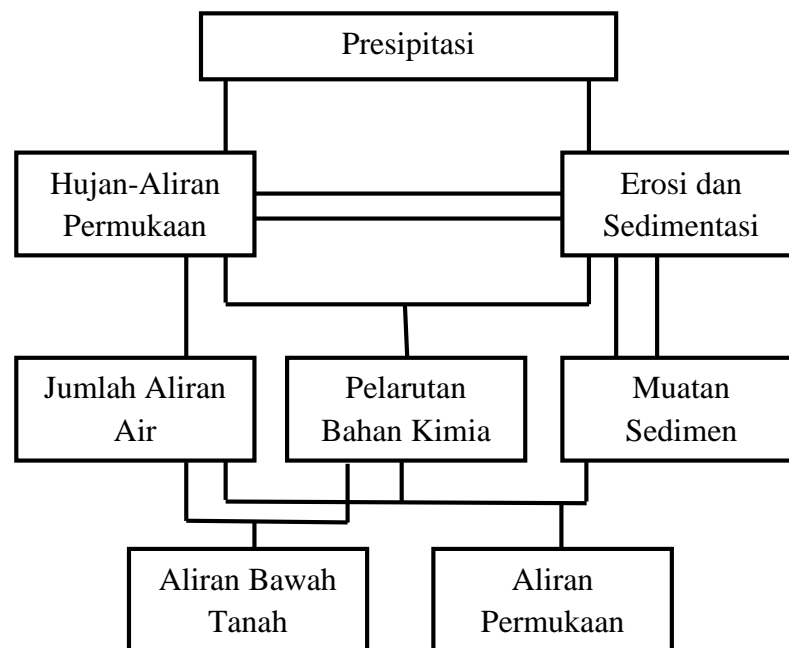
1.5.1. Daerah Aliran Sungai

DAS merupakan suatu cekungan yang terdiri dari aliran-aliran sungai yang saling terhubung satu dengan yang lain dan keluar pada satu outlet (Linsey, Kohler, & Paulhus, 1949). DAS juga dibatasi oleh batas topografi berupa igir-igir atau pugungan dari perbukitan atau pegunungan (Menteri Kehutanan, 2001). Berdasarkan definisi tersebut menunjukkan DAS sebagai suatu sistem dimana tanah dan air permukaan yang dibatasi oleh topografi berkontribusi terhadap besarnya aliran. DAS terdapat *input*, proses, dan *output*. *Input* berupa presipitasi sedangkan outputnya berupa *runoff*. Output yang terjadi pada DAS dipengaruhi oleh proses atau interaksi antar komponen pada DAS.

Respon DAS dari air hujan menjadi aliran tidak hanya berupa aliran permukaan (*runoff*) tetapi erosi dan transportasi material fisik maupun kimia (unsur hara) (Gambar 1.2). Laju komponen-komponen tersebut dipengaruhi oleh perubahan-perubahan yang terdapat pada DAS (Seyhan, 1977) karena perubahan tersebut akan berpengaruh terhadap siklus hidrologi yang terdapat pada DAS.

DAS merupakan satu kesatuan ekosistem, dengan unsur-unsur utamanya berupa sumberdaya tanah, air, vegetasi, serta sumberdaya manusia. DAS juga sebagai satu kesatuan hidrologis, sehingga komponen-komponen yang terdapat

pada DAS saling berkaitan satu dengan yang lainnya (Linsey, Kohler, & Paulhus, 1949). Proses-proses fisik maupun biologi yang terdapat pada DAS sangat berkaitan dengan posisi topografi atau morfologi DAS (Weiss, 2000). Morfologi tersebut seperti puncak bukit, lereng, lembah, singkapan bukit, maupun dataran. Setiap bentuklahan dikontrol oleh faktor utama berupa morfologi lereng (Van & Alkema, 2007). Berdasarkan kondisi tersebut diasumsikan setiap bentuklahan yang sama mempunyai proses yang sama.



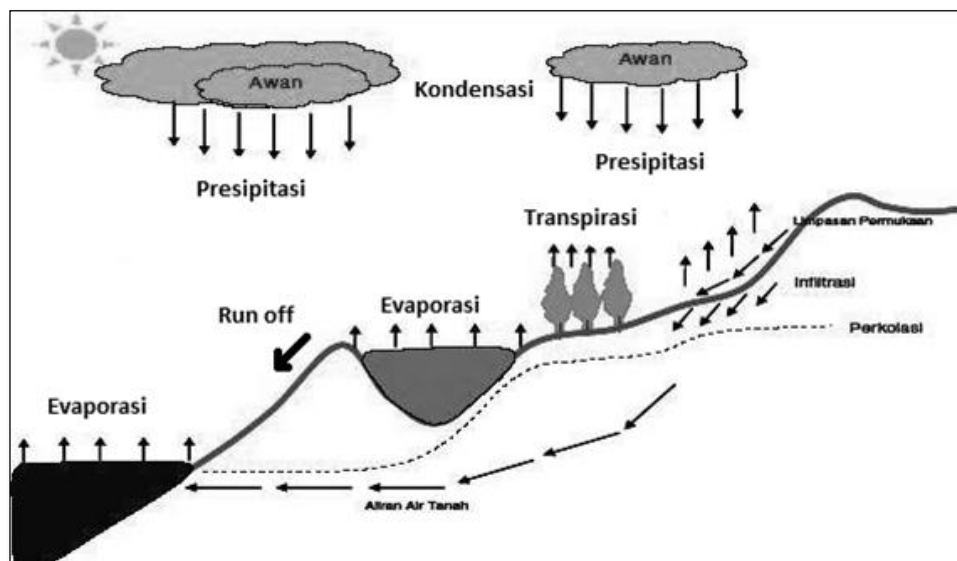
Gambar 1.2 Interaksi Respon DAS (Dickinson, Holland, dan Smith, 1967)

1.5.2. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi didefinisikan sebagai proses yang terjadi pada air dari atmosfer ke permukaan Bumi maupun bawah permukaan Bumi (airtanah) dan kembali lagi ke atmosfer (Seyhan, 1977). Proses tersebut meliputi evaporasi dari lahan, laut, atau tubuh air menjadi uap air. Uap air yang terkondensasi akan menjadi hujan. Hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan terakumulasi pada tanah dan tubuh air hingga ter evaporasi kembali. Proses tersebut berlangsung terus menerus. Gambar 1.3 menunjukkan air yang berada di permukaan Bumi akan kembali ke atmosfer melalui evaporasi atau mengalir hingga ke laut yang terkondensasi

menjadi awan, selanjutnya jatuh ke permukaan tanah kembali melalui presipitasi (Mansell, 2003).

Hujan yang jatuh ke permukaan Bumi akan mengalami beberapa proses. Proses tersebut seperti aliran air yang tertahan atau tersimpan dalam bentuk simpanan depresi, aliran permukaan, meresap ke dalam tanah, maupun terevapotranspirasi ke atmosfer. Terdapat dua proses pergerakan air secara vertikal di dalam tanah yaitu infiltrasi dan perkolasi. Proses tersebut dipengaruhi oleh karakteristik atau sifat tanah (Bogaard, 2001). Tekstur tanah dominan pasir dan lempung mempunyai sifat yang berbeda. Tanah berpasir dengan pori-pori yang lebih besar mempunyai konduktivitas yang lebih besar daripada tanah dengan tekstur dominan lempung (Jetten dan Shrestha, 2011).



Gambar 1.3 Perpindahan Air di Permukaan Bumi (Mansell, 2003)

Evapotransporasi sebagai salah satu bagian serta awal proses hidrologi, mengubah kelembaban di permukaan Bumi menjadi air atmosferik (Barry, et al., 1969). Evapotranspirasi terdapat dua proses utama yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi sebagai proses penguapan yang terjadi pada benda-benda selain tumbuhan seperti badan air, sedangkan transpirasi merupakan proses penguapan yang terjadi pada tumbuh-tumbuhan sebagai respon terbukanya pori-pori dan stomata akibat adanya cahaya (Triatmodjo, 2008).

Zona yang berada di bawah permukaan tanah adalah *soil moisture* (lengas tanah). Zona ini merupakan zona tidak jenuh yang terdiri dari beberapa komponen, ialah *soil zone*, *intermediate zone*, zona kapilaritas, dan zona layu airtanah (Ward, 1967). Presipitasi akan masuk kedalam lapisan tipis tanah atau *soil zone*. Terdapat *intermediate zone* diantara zona kapilaritas dan *soil zone* dengan proses yang dominan berupa perkolasi. Komponen-komponen tersebut tidak selalu ada pada setiap lengas tanah. Hal ini dipengaruhi oleh jarak antara permukaan tanah dengan muka airtanah serta redistribusi infiltrasi setelah terjadinya hujan (Bogaard, 2001).

1.5.3. Presipitasi

Presipitasi sebagai komponen utama dalam siklus hidrologi, semua perpindahan air di Bumi secara langsung maupun tidak langsung berasal dari presipitasi (Ward, 1967). Terdapat tiga proses utama setelah terjadi presipitasi. Pertama, presipitasi mengisi simpanan permukaan dalam bentuk genangan, kolam, dan kelembaban permukaan. Kedua, presipitasi akan mengalir melalui cekungan atau saluran dalam bentuk *runoff*. Ketiga, presipitasi akan meresap kedalam tanah (infiltrasi) menjadi *soil moisture*. Dari ketiga proses tersebut, akan kembali ke atmosfer dalam bentuk evaporasi dan meresap kedalam tanah menjadi simpanan airtanah. Pendapat ini juga dikemukakan oleh Asdak (1995) bahwa presipitasi mempengaruhi kelembapan tanah, infiltrasi, intersepsi, dan besarnya debit aliran.

Proses transformasi hujan menjadi *runoff* dipengaruhi oleh karakteristik presipitasi. Hal ini meliputi (Griend, 1979).

- (1) jumlah (d) presipitasi ditunjukkan dengan ketebalan air yang berada di permukaan (mm),
- (2) durasi (t) dengan satuan menit, jam, atau hari,
- (3) intensitas (i) merupakan jumlah presipitasi per satuan waktu (mm/jam) intensitas hujan dideskripsikan pada Tabel 1.1, dan
- (4) frekuensi (f) menunjukan frekuensi kejadian hujan.

Data hujan yang dihasilkan dari pengukuran langsung di lapangan berupa data hujan pada suatu lokasi tersebut (lokasi alat pengukur hujan diletakan). Data hujan yang dibutuhkan untuk kajian neraca air dan estimasi total *runoff* pada suatu DAS berupa hujan wilayah (Griend, 1979) sehingga diperlukan perhitungan hujan wilayah dengan metode tertentu. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan hujan wilayah adalah hujan yang terjadi pada suatu DAS dianggap terdistribusi dengan merata (Hadisusanto, 2011). Metode yang digunakan untuk perhitungan hujan wilayah berupa metode aritmatika, poligon thiessen, poligon *height-balance*, dan isohyet (Griend, 1979). Penggunaan metode-metode tersebut dipengaruhi oleh ketersediaan data dan topografi atau karakteristik fisik dari wilayah kajian.

Tabel 1.1. Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Derajat Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan Sangat Lemah	<1.20	Tanah agak basah
Hujan Lemah	1.20-3.00	Tanah menjadi basah
Hujan Normal	3.00-18.0	Bunyi hujan terdengar
Hujan Deras	18.0-60.0	Air tergenang di seluruh permukaan tanah
Hujan Sangat Deras	>60.0	Saluran <i>drainase</i> menguap

Sumber: (Suripin, 2004)

Terdapat tiga metode yang digunakan untuk perhitungan hujan wilayah yaitu metode aritmatika, poligon thiessen, dan isohyet. Setiap metode mempunyai karakteristik yang berbeda-beda (Triatmodjo, 2008). Metode tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Metode Aritmatika

Metode ini merupakan metode yang sederhana. Asumsi yang digunakan hujan yang jatuh pada suatu DAS cenderung homogen. Metode ini cocok atau sesuai untuk wilayah yang datar dan alat pengukur hujan tersebar merata.

b. Metode Poligon Thiessen

Metode poligon thiessen atau metode rata-rata timbang menunjukkan pembagian daerah dengan luasan tertentu yang merepresentasikan pengaruh dari stasiun hujan. Asumsi yang digunakan stasiun hujan dapat mewakili luasan wilayah terdekat. Metode ini cocok digunakan untuk daerah dengan luas 500-5000 km² dengan jumlah stasiun pengamat hujan terbatas.

c. Metode Isohyet

Metode isohyet merepresentasikan wilayah yang mempunyai curah hujan yang sama dihubungkan dengan suatu garis yaitu garis isohyet. Hujan pada wilayah yang dibatasi oleh dua garis isohyet dianggap sama dan merata dengan nilai rata-rata dari dua garis isohyet yang membatasi wilayah tersebut. Metode ini cocok digunakan untuk wilayah dengan topografi yang beragam.

Data hujan hasil pengukuran di lapangan maupun dari intitusi perlu dilakukan pengujian. Hal ini terkait kualitas data hujan yang cenderung buruk seperti data hujan yang kosong, data yang hulang, maupun rusak (Mansell, 2003). Kondisi tersebut dipengaruhi oleh faktor alam, manusia, maupun alat. Pengujian data hujan meliputi pengisian data hujan yang kosong, uji konsistensi, dan korelasi data hujan. Penggunaan data hujan dapat efisien serta merepresentasikan kondisi di lapangan.

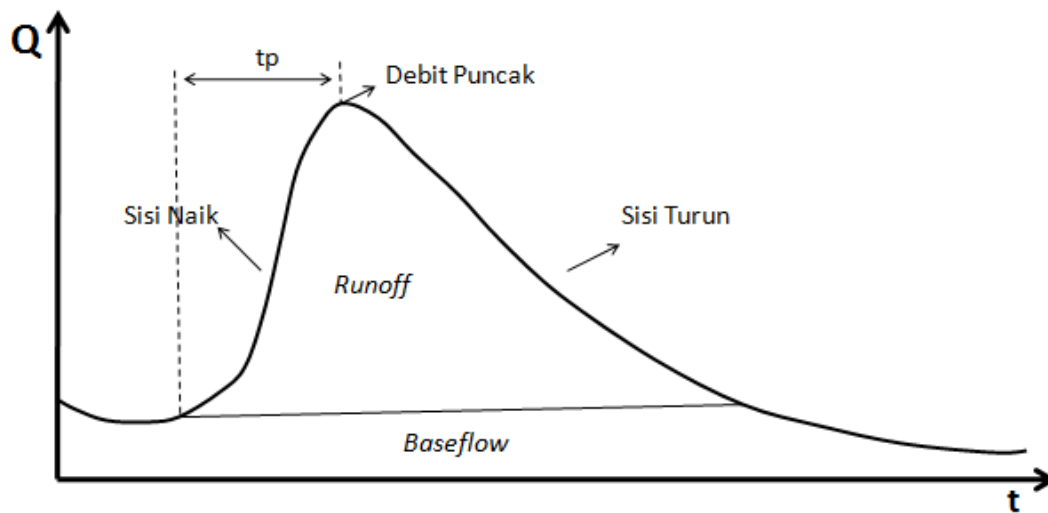
1.5.4. Debit Aliran

Limpasan sebagai bentuk perpindahan air yang berada di permukaan Bumi melalui saluran-saluran dengan ukuran yang bervariasi dari terkecil hingga sungai-sungai berukuran besar (Ward, 1967). Ukuran dari limpasan tersebut direpresentasikan dalam bentuk debit aliran maupun hidrograf aliran. Debit aliran

merupakan jumlah air yang mengalir melalui penampang setiap satu satuan waktu (Triatmodjo, 2008). Debit aliran sangat bervariasi dari waktu ke waktu sehingga perlu dilakukan pengukuran secara *time series*. Hal ini direpresentasikan dalam bentuk hidrograf aliran.

Hidrograf aliran secara grafis merupakan hubungan antara debit sungai terhadap waktu. Hidrograf dapat dianggap sebagai suatu gambaran dari karakteristik fisiografi dan klimatis yang mengendalikan hubungan antara curah hujan dan kondisi hidrologis DAS (Subarkah I. , 1978). Hidrograf yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hidrograf debit. Bentuk hidrograf dipengaruhi oleh distribusi curah hujan, intensitas hujan, dan bentuk dari DAS (Viessman, Lewis, dan Knapp, 1989). Hidrograf aliran ini dapat menggambarkan kondisi klimatologis dan fisiografis dari DAS.

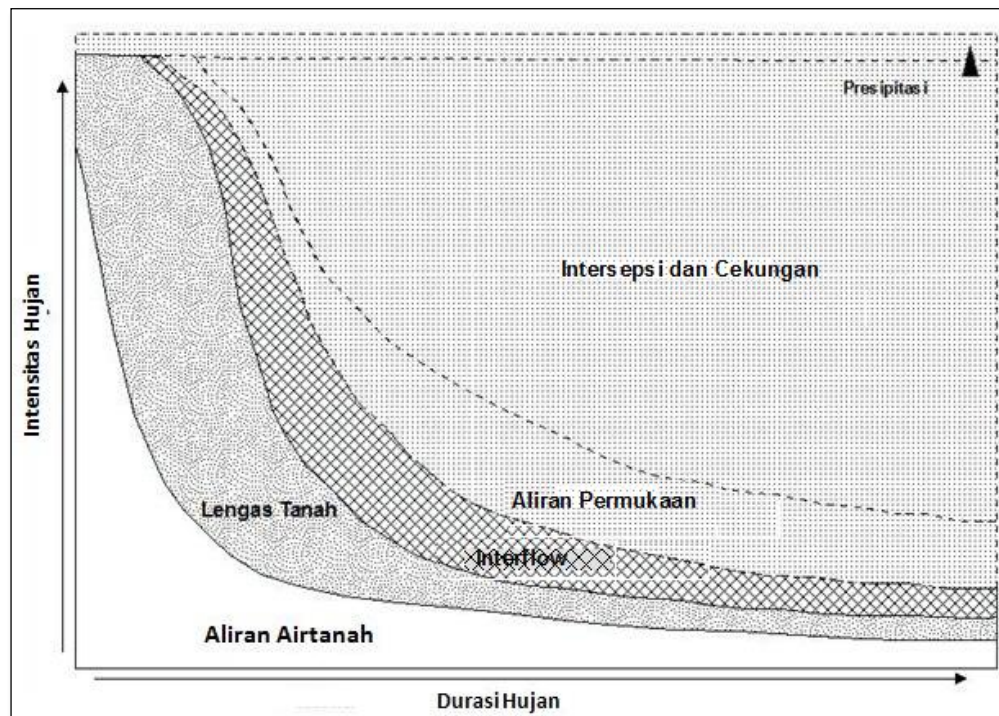
Komponen yang terdapat pada hidrograf secara grafis terbagi menjadi 3 sedangkan secara hidrologis terdapat 4 komponen. Komponen hidrograf secara grafis (Gambar 1.4) terdiri dari sisi naik (*rising limb*), puncak, dan sisi resesi (*recession limb*). Secara hidrologis komponen hidrograf terdiri dari DRO (*Direct Runoff*), *interflow*, dan *baseflow*. Sisi naik mengindikasikan adanya kontribusi hujan sedangkan sisi turun merupakan proses pengatusan yang terdapat DAS. Gambar 1.4 menunjukkan hidrograf tunggal dengan puncak tunggal. Hal ini menggambarkan terjadi hujan dengan periode tunggal.



Gambar 1.4 Komponen Hidrograf (Wilson, 1974)

Sumber pengairan dalam sungai atau komponen-komponen hidrograf terdiri atas *DRO* dan *baseflow* (Subarkah I. , 1978). *DRO* merupakan aliran permukaan yang berasal dari hujan yang dikurangi dengan infiltrasi, evaporasi, dan yang tertahan pada tampungan-tampungan air (*water retention*). Hujan yang meresap ke dalam tanah akan bergerak secara horisontal melalui rongga dalam tanah. Aliran tersebut merupakan *interflow*. Air hujan yang meresap ke dalam tanah dan mencapai airtanah disebut dengan *baseflow*.

Limpasan terdiri dari beberapa sumber seperti presipitasi, aliran permukaan, *interflow*, *groundwater runoff*, dan pencairan es atau salju (Ward, 1967). Komponen limpasan yang berupa aliran permukaan sebagai penyebab utama terjadinya banjir (Triatmodjo, 2008) karena aliran ini sebagai salah satu aliran yang mempunyai waktu paling cepat untuk sampai ke wilayah hilir. Debit banjir tersebut juga dipengaruhi oleh morfometri DAS (Krzeminska D. , 2009) (Krzeminska, Bogaard, Malet, dan Beek, 2013). Hal ini terkait jarak antara recharge terhadap outlet. Semakin dekat dengan outlet maka *time to peak* akan semakin cepat (Hendriks, 2010). Aliran airtanah (*groundwater runoff*) mempunyai respon terhadap hujan dalam hitungan minggu, bulan, dan tahun (Triatmodjo, 2008).



Gambar 1.5. Hubungan Antara Curah Hujan dan Limpasan (Linsley, Kohler, dan Paulhus, Applied Hidrology, 1949)

Hubungan antara hujan terhadap limpasan (*runoff*) secara sistematis ditunjukkan oleh Gambar 1.5. terdapat hubungan antara curah hujan (intensitas dan durasi) terhadap besarnya komponen limpasan. Curah hujan yang jatuh ke permukaan Bumi akan mengisi cekungan-cekungan atau depresi, selanjutnya akan terinfiltrasi ke dalam tanah (Woerden, 2014). Aliran permukaan akan semakin meningkat ketika durasi hujan relatif lama karena permukaan tanah cenderung lebih layu (Ward, 1967). Pendapat lain juga dikemukakan oleh Triadmodjo (2008) bahwa hubungan antara hujan dan limpasan cenderung ditunjukkan oleh hubungan antara hujan dan aliran permukaan. Hujan yang jatuh pada DAS akan berubah menjadi aliran di sungai.

Terdapat dua faktor utama yang mempengaruhi volume serta distribusi limpasan, ialah faktor meteorologi dan karakteristik DAS (Ward, 1967). Faktor meteorologi meliputi presipitasi dan evaporasi sedangkan faktor internal DAS berupa topografi, geologi, tanah, vegetasi, dan jaringan sungai. Komponen presipitasi meliputi tipe, intensitas, durasi, dan distribusi. Presipitasi sebagai faktor

utama meteorologis yang berpengaruh terhadap limpasan (Thomas, 2010). Faktor-faktor tersebut dijelaskan sebagai berikut:

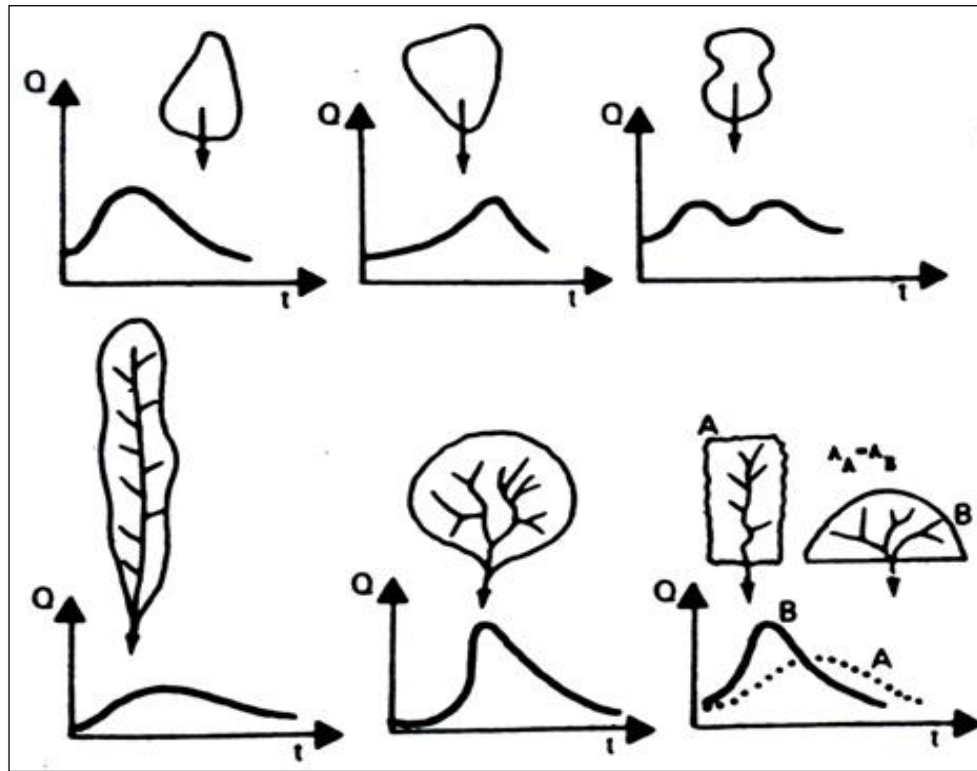
a. Faktor Meteorologis

Faktor meteorologis yang utama adalah karakteristik hujan. Karakteristik hujan berupa intensitas hujan, durasi hujan, dan distribusi curah hujan. Intensitas hujan mempengaruhi debit maupun volume limpasan. Peningkatan intensitas hujan tidak selalu sebanding dengan peningkatan limpasan. Hal ini terkait dengan penggenangan.

b. Karakteristik DAS

Karakteristik DAS yang mempengaruhi aliran permukaan berupa morfometri DAS dan penggunaan lahan. Morfometri DAS berupa luas dan bentuk DAS. Semakin luas DAS maka laju dan volume aliran permukaan juga semakin besar. Bentuk DAS berpengaruh terhadap pola aliran serta waktu puncak aliran (Gambar 1.6). Bentuk DAS memanjang cenderung menghasilkan debit aliran yang lebih kecil dari pada bentuk bulat. Waktu puncaknya juga cenderung lebih lama (Soewarno, 1991).

Penggunaan lahan juga merupakan karakteristik DAS yang mempengaruhi debit aliran. Pengaruh penggunaan lahan terhadap limpasan terkait kemampuannya dalam meresapkan air (Triatmodjo, 2008). Lahan dengan tanaman penutup mampu meningkatkan kapasitas infiltrasi. Setiap penggunaan lahan yang berbeda mempunyai respon terhadap hujan yang berbeda pula (Harris dan Robinson, 1916); (De jong dan Jetten, 2007).



Gambar 1.6. Pengaruh Bentuk DAS terhadap Debit Aliran (Soewarno, 1991)

1.5.5. Model Hidrologi

Model hidrologi menggunakan konsep dasar berupa siklus hidrologi (Harto, 1993). Fenomena hidrologi cenderung sangat kompleks sehingga dibutuhkan suatu abstraksi untuk menyederhanakan fenomena tersebut (Junaidi dan Tarigan, 2012). Penyederhanaan dari realitas sebenarnya direpresentasikan dalam bentuk model (Indarto, 2010). Model sebagai suatu persamaan yang menggambarkan komponen-komponen yang berada pada suatu sistem hidrologi. Model matematis dapat digunakan untuk mengetahui respon hidrologis DAS terhadap hujan. Mekanisme dan proses adanya limpasan dapat diketahui secara detail (Dusek dan Vogel, 2016). Pendekatan tersebut sebagai cara yang efektif dalam hal waktu dan biaya (Ticehurst dkk., 2007).

Paramater yang digunakan pada pemodelan hidrologi berupa hidrologi, meteorologi, dan geologi (Harto, 1993). Komponen meteorologi terdiri dari radiasi

matahari, angin, hujan, kelembaban, dan suhu sedangkan komponen geologi digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi sifat DAS. Hal ini karena komponen geologi berupa jenis dan sifat tanah mempengaruhi penyebaran tanaman dan sifat DAS. Aktivitas manusia juga menjadi komponen penting dalam pemodelan hidrologi DAS karena perubahan yang terjadi di sistem DAS cenderung dipengaruhi oleh *human activities*. Hal ini juga dikemukakan oleh Bogaard (2001) bahwa model hidrologi sebagai metode untuk menentukan aliran air serta memprediksi kondisi hidrologi akibat perubahan seperti perubahan penggunaan lahan.

Fenomena hidrologi yang dapat dimodelkan adalah besarnya debit aliran permukaan. Metode yang digunakan untuk memodelkan fenomena tersebut salah satunya adalah metode rasional. Hasil dari pemodelan tersebut adalah debit puncak dengan parameter yang digunakan berupa intensitas hujan, luas, dan penggunaan lahan.

1.5.6. Bangunan Pengukur Debit

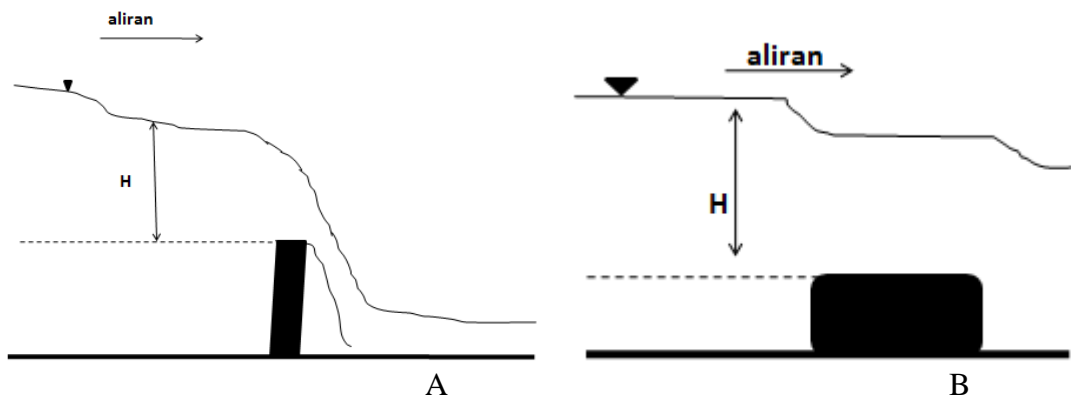
Data debit aliran sungai merupakan salah satu data yang digunakan untuk membuat *rating curve*. Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk pengukuran debit, salah satunya menggunakan bangunan pengukur debit (*weir*). *Weir* merupakan bangunan yang dibangun untuk mengukur besarnya debit yang mengalir (Soemarto, 1995). Bangunan pengukur debit sebagai salah satu metode pengukuran debit secara tidak langsung, sehingga data debit diperoleh lebih cepat daripada pengukuran debit menggunakan alat pengukur kecepatan arus. Walaupun pengukuran debit dengan metode tersebut dapat menggambarkan kondisi perairan yang dangkal maupun dalam (Collar dan Griffiths, 2001). Pengukuran debit menggunakan *weir* berdasarkan data tinggi muka air yang terbaca alat pencatat.

Bangunan pengukur debit dibangun berdasarkan standar serta kondisi aliran sungai. Penentuan jenis *weir* juga dipengaruhi oleh tinggi muka air, geometri sungai, dan dinamika sungai (Bos, 1989). Terdapat beberapa jenis bangunan *weir*,

yaitu *broad crested weir*, *sharp crested weir*, dan *short crested weir*. Jenis *weir* tersebut mempunyai karakteristik dan peruntukan masing-masing.

Broad Crested Weir (Gambar 1.7 B) merupakan bangunan pengukur debit pada saluran yang terbuka dengan mengkombinasikan antara karakteristik *weir* dan saluran air. Aliran air yang melewati konstruksi tersebut tanpa mengalami penyumbatan. Hal ini menjadi salah satu kelebihan dari bangunan pengukur debit. Jenis *weir* ini cocok digunakan untuk aliran yang cukup besar. Terdapat distribusi tekanan hidrostatik diatas bangunan peluap (Bos, 1989).

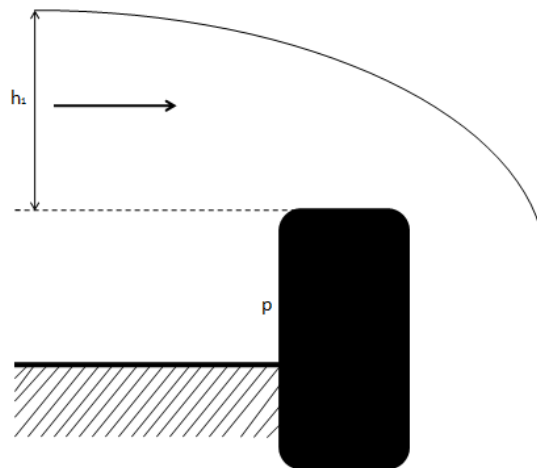
Sharp Crested Weir sebagai bangunan pengukur debit yang digunakan untuk mengukur debit mata air. Struktur dari bangunan ini menggunakan plat tipis (Gambar 1.7 A) dan digunakan untuk pengukuran debit dengan akurasi yang tinggi, seperti laboratorium hidraulik dan keperluan industri (Bos, 1989). Jenis *weir* ini diklasifikasikan berdasarkan jenis bukaannya, seperti *rectangular*, *triangular*, *V-notch*, *trapezoidal*, dan *parabolic weirs*.



Gambar 1.7A Sharp Crested Weir 1.7B Broad Crested Weir

Short Crested Weir (Gambar 1.8) merupakan salah satu bangunan *weir* yang hampir sama dengan *broad crested weir*. Jenis *weir* ini digunakan untuk aliran yang cukup besar seperti sungai. Perbedaan utama antara dua bangunan tersebut adalah bagian atas dari *short crested weir* dapat dibentuk suatu lekukan sera tidak adanya distribusi tekanan hidrostatik (Bos, 1989). Secara tiga dimensi perbedaan antara

broad crested dan *short crested* cenderung susah untuk diuraikan. *Short Crested Weir* dapat dikatakan sebagai *Broad Crested Weir* jika $H_1/L < 0,5$. Bangunan *weir* ini dengan bentuk penampang rectangular mempunyai rumus sebagai berikut: (Bos, 1989)



Gambar 1.8. Sketsa Short Crested Weir dengan Rectangular Control Section (Bos, 1989)

1.5.7. Modified Rational Method

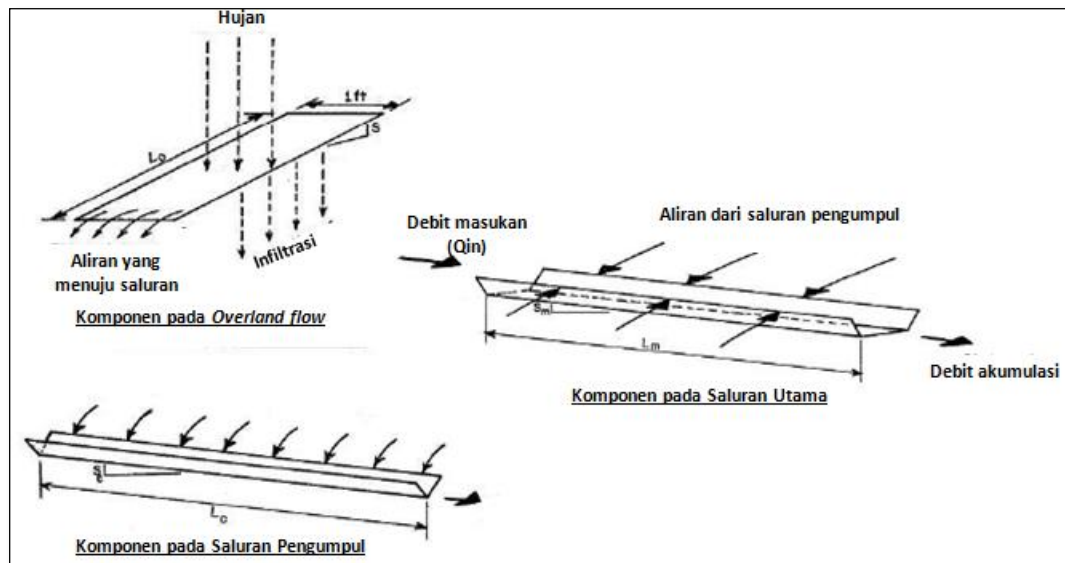
Metode rasional sebagai metode yang paling tua untuk mengestimasi debit puncak banjir. Metode ini sesuai untuk wilayah yang relatif sempit. Perlu adanya modifikasi untuk metode tersebut. Modifikasi dari metode ini adalah perhitungan nilai debit (Q) setiap luasan yang lebih kecil, yaitu ukuran piksel atau grid (Sobriyah, 2003) (Pramono, Wahyuningrum, dan Wuryanta, 2010). Prinsip yang digunakan pada metode ini DAS dibagi menjadi piksel yang lebih kecil. Asumsi yang digunakan waktu konsentrasi alirannya cenderung lebih kecil daripada durasi hujan sehingga perhitungan debit alirannya setiap piksel (Susilowati, 2007).

Metode ini menggunakan program pemodelan berupa PC Raster. PC Raster merupakan program yang telah banyak dikembangkan untuk pemodelan hidrologi (Krzeminska D. , 2009). Program ini mampu mensimulasikan kejadian hidrologis secara ruang dan waktu. Setiap perintah pada PC menggunakan bahasa pemrograman berupa *script*. Prinsip utama dari program ini, setiap perintah

diterapkan pada raster *gridcell*. Hal ini sesuai untuk mengaplikasikan perhitungan debit menggunakan *modified rasional method*, yaitu perhitungan debit pada setiap piksel. Model ini diterapkan di luar negeri dengan kondisi tanah yang tipis serta curah hujan yang lebih rendah. Hal ini tidak sesuai dengan kondisi tanah di Indonesia sehingga modifikasi dari model tersebut, model ini hanya menghasilkan aliran permukaan atau *direct runoff*.

Parameter yang digunakan dalam perhitungan debit aliran setiap piksel berupa morfometri DAS, karakteristik penggunaan lahan, karakteristik tanah, dan karakteristik hujan. Komponen-komponen pada morfometri DAS berupa kemiringan dan panjang setiap piksel pada DAS. Data tersebut diperoleh dari ekstraksi data DEM. Salah satu *script* yang digunakan untuk perhitungan kemiringan piksel adalah $slope = \max(0.001, \sin(\text{atan}(\text{slope}(\text{DEM}))))$. Karakteristik penggunaan lahan direpresentasikan dalam bentuk nilai kekasaran *manning*, sedangkan karakteristik lahan berupa tekstur tanah dan koefisien saturasi.

Kinematic Wave merupakan salah satu bagian dari *modified rasional method*. Hal ini menjadi salah metode *routing* yang terdapat pada PC Raster. Metode ini mensimulasikan respon yang kompleks pada DAS dari presipitasi menjadi aliran permukaan. Model matematis ini mengkombinasikan komponen morfometri DAS. Teknik penelusuran banjir ini menggunakan rumus momentum, dengan memperhatikan kemiringan dasar saluran dan kemiringan muka air. Proses perhitungan debit akumulasi dari debit piksel pada *outlet* dideskripsikan pada Gambar 1.9. Kekurangan dari metode ini belum dapat menganalisa adanya efek pembendungan, aliran balik, aliran bertekanan, dan kehilangan energi pada ujung saluran (Singh, 1996). Metode ini digunakan untuk mengetahui debit akumulasi pada *outlet* DAS, sehingga dapat diperoleh hidrograf rasional pada DAS tersebut. Parameter yang digunakan untuk *routing* ini berupa LDD (*Local Drain Direction*), debit piksel, kecepatan aliran pada saluran, konstanta kinematik, dan panjang piksel).



Gambar 1.9. Simulasi *Routing* Debit Aliran Menggunakan *Kinematic Wave* (Arthur dan DeVries, 1993)

1.5.8. Rating Curve

Rating Curve merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara TMA terhadap besarnya aliran (Subarkah I. , 1977). Kurva tersebut dibuat dengan jumlah sebaran data debit yang tercatat dan dianggap mencukupi untuk pembuatan lengkung aliran. Jumlah data pengukuran debit minimum 10 dengan sebaran yang merata, dari TMA rendah hingga tinggi. Banyaknya data pengukuran debit menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi ketelitian *rating curve* (Soewarno, 1991).

Metode yang digunakan untuk menentukan nilai H_0 berupa metode coba-coba (*Trial and Error*), Aritmatika, dan Grafis. Metode coba-coba menentukan nilai H_0 secara sembarang, sehingga nilai H diperoleh dalam bentuk garis lurus. Metode aritmatika dan grafis menentukan nilai H_0 menggunakan rata-rata geometris. Aritmatika menggunakan rumus geometri, sedangkan geometris berdasarkan grafik. Metode aritmatika ini cenderung lebih kuantitatif dan akurat.

Sebaran data pada kurva lengkung aliran secara ideal berada pada satu lengkung aliran yang relatif tetap. Kondisi ideal cenderung susah diperoleh di lapangan. Terjadi penyimpangan data dari lengkung tersebut. batas penyimpangan yang masih ditoleransi sebesar 10% (Soewarno, 1991). Apabila data lebih dari 10%

maka perlu dilakukan cek ulang. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya perubahan pada lengkung aliran akibat perubahan luas penampang (Subarkah I. , 1978).

1.6. Penelitian Sebelumnya

Tabel 1.2 menunjukkan keaslian dari penelitian serta penelitian terdahulu yang relevan untuk digunakan sebagai referensi. Keaslian dari penelitian ini yang paling utama adalah lokasi penelitian serta mengkombinasikan dari beberapa hasil penelitian yang dijabarkan pada Tabel 1.2. Metode penelitian ini pernah digunakan oleh beberapa peneliti terdahulu. Jiapeng Hua, Zhongmin Liang, dan Zhongbo Yu tahun 2003 merumuskan *modified rational method* ini untuk menghitung debit aliran serta menggeneralisasi hidrograf aliran. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode tersebut cenderung lebih rumit daripada metode rasional, tetapi dapat diterapkan untuk durasi hujan yang lebih lama. Sobriyah (2003) menggunakan *modified rational method* untuk DAS yang berukuran besar. DAS yang berukuran relatif besar tersebut dihitung debit puncaknya berdasarkan sistem grid. Koefisien manning digunakan mengetahui peran penggunaan lahan tertentu terhadap besarnya debit aliran. Debit puncak akumulasi pada outlet dihitung berdasarkan besarnya debit puncak pada setiap sel atau grid. *Modified rational method* ini juga digunakan oleh Susilowati (2007) untuk penelusuran banjir di DAS Belawan. Modifikasi dari metode rasional dengan cara perhitungan debit pada setiap grid. Penelusuran banjir berdasarkan *inflow* dan *outflow*. Hasil dari metode ini berupa hidrograf banjir dengan kesalahan yang bisa ditoleransi. Pramono dkk (2010), melakukan penelitian untuk mengetahui tingkat kekesuaian metode rasional untuk beberapa DAS dengan luas yang berbeda. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode rasional cocok digunakan untuk DAS yang relatif sempit dengan topografi yang datar. Hasil dari pemodelan tersebut dilakukan kalibrasi dengan menggunakan metode *sensitivity analysis*. Penelitian yang dilakukan oleh Van Ash dkk (2013) merupakan pengembangan dari penelitian pemodelan aliran permukaan menggunakan metode rasional modifikasi. Tujuan utama dari pemodelan ini adalah menentukan hubungan antara hujan terhadap

aliran permukaan serta erosi. Pemodelan aliran permukaan ini yang diadaptasi untuk penelitian ini. Metode yang digunakan untuk pemodelan diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman PC-Raster. Penelitian yang dilakukan oleh Van Ash, intensitas hujan yang digunakan atas perjam, sedangkan pada penelitian ini menggunakan intensitas hujan per 15 menit. Script PC Raster yang digunakan diadopsi dari script penelitian Van Ash dkk. Perbedaannya, script yang digunakan pada penelitian hanya pada penentuan aliran permukaan. Kalibrasinya menggunakan besarnya hasil pengukuran pada *outlet* DAS. Tema yang sama dengan penelitian Aries Setiawan (2015) untuk mengetahui respon hidrologis hujan terhadap limpasan serta karakteristik hujan. Metode yang digunakan berupa metode rasional tanpa adanya modifikasi. Metode tersebut diterapkan untuk mengetahui proses hujan menjadi limpasan.

Tabel 1.2 Penelitian Sebelumnya

No	Peneliti dan Tahun	Tujuan	Metode	Variabel	Hasil
1	Jiapeng Hua, Zhongmin Liang, dan Zhongbo Yu (2003)	1. Bagaimana formula dan prosedur perhitungan debit puncak dengan <i>modified rational method</i> , 2. Kekurangan dari <i>modified rational method</i>	1. <i>Modified rational method</i>	1. Geometri DAS 2. Curah hujan	1. <i>Modified rational method</i> dapat digunakan untuk menghitung debit puncak serta mendesain hidrograf rasional secara general dan metode ini dapat diterapkan untuk durasi hujan yang lebih besar, setara, atau lebih kecil daripada tc 2. Metode ini cenderung lebih rumit daripada metode rasional.
2	Sobriyah (2003)	1. Mengembangkan model perkiraan banjir yang merupakan sintesa rumus terpilih	1. Modified rational method	1. Karakteristik hujan, 2. Morfometri DAS	1. Debit banjir 2. Hidrograf rencana
3	Susilowati (2007)	1. Mengetahui apakah model hujan-aliran menggunakan metode rasional sistem grid dapat digunakan untuk informasi hidrograf tanpa adanya AWLR,	1. Metode rasional sistem grid, 2. Metode Muskingum-cunge,	1. Morfometri DAS, 2. TMA sumur, 3. Penggunaan lahan, 4. Rating curve, 5. Curah hujan	1. Model rasional sistem grid digunakan untuk menggambarkan hidrograf banjir dengan kesalahan yang bisa ditoleransi, 2. Gabungan model Muskingum-Cunge dan

Lanjutan

		2. Mengetahui penelusuran banjir dengan adanya <i>inflow</i> dan <i>outflow</i> menggunakan metode gabungan Muskingum-Cunge dan			O'Dennel dapat digunakan untuk penelusuran banjir, dan 3. Bendung irigasi
No	Peneliti dan Tahun	Tujuan	Metode	Variabel	Hasil
		O'Dennel, dan Mengetahui pengaruh pembendungan terhadap konservasi air.			memberikan pengaruh terhadap konservasi air, terdeteksi dari TMA sumur saat kemarau
4	Irfan Budi Pramono, Nining Wahyuningrum, dan Agus Wuryanta (2010)	1. Mendapatkan informasi tentang luas DAS yang paling sesuai untuk menerapkan Metode Rational	1. Metode rasional, 2. Sensitivity Analysis	1. Karakteristik tanah, 2. Penggunaan lahan, 3. Luas DAS, 4. Kemiringan lereng, 5. Panjang sungai, 6. Waktu konsentrasi aliran, dan 7. Debit puncak observasi	1. Metode rasional cocok digunakan untuk DAS dengan luas yang sempit dan topografi yang relatif datar, 2. Indeks penyesuaian digunakan untuk mengkalibrasi hasil model dengan observasi (metode sensitivity Analysis)
5	Van Asch dkk (2013)	1. Mendeskripsikan hubungan antara ambang batas intensitas dan durasi	1. Metode rasional modifikasi,	1. Karakteristik hujan, 2. Karakteristik tanah (kapasitas infiltrasi),	1. Ketebalan sedimen setiap secara spasial dan temporal,

Lanjutan

		hujan terhadap besarnya <i>runoff</i> atau aliran debris dalam mentransport material hasil erosi mencapai <i>outlet</i> DAS	2. Meyer-Peter Muller Modifikasi	3. Ketebalan sedimen, dan 4. Lokasi longsor	2. Besarnya debit aliran permukaan (<i>runoff</i>), 3. Besarnya aliran permukaan secara spasial dan temporal, 4. Intensitas dan durasi curah hujan yang mampu memobilisasikan hasil erosi mencapai <i>outlet</i> DAS
No	Peneliti dan Tahun	Tujuan	Metode	Variabel	Hasil
6	Aries Setiawan (2015)	1. Menganalisis karakteritik hujan DAS Belik Hulu, 2. Mendeterminasi karakteristik limpasan pada DAS Belik Hulu sebagai Respon dalam menanggapi hujan, 3. Menganalisis hubungan antara karakteristik hujan-limpasan pada DAS Belik Hulu	1. Metode rasional, 2. Hidrograf aliran, 3. Analisis hubungan hujan-limpasan	1. Karakteristik hujan, 2. TMA, dan 3. Morfometri DAS.	1. Karakteristik hujan mengikuti distribusi Log pearson III, 2. Karakteristik limpasan berupa waktu puncak, waktu konsentrasi, dan waktu dasar, dan 3. Hubungan antara tebal hujan dan limpasan adalah positif.

7	Mega Yulisetia Widasmara (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat <i>rating curve</i> DAS Bompon 2. Mengkaji karakteristik hidrologis DAS Bompon berdasarkan metode rasional modifikasi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode aritmatika (<i>rating curve</i>) 2. Metode rasional modifikasi, 3. <i>Kinematic Wave</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Karakteristik hujan, 2. Morfometri DAS, 3. Data Tinggi Muka Air (TMA), 4. Karakteristik lahan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Rating Curve</i> DAS Bompon, 2. Karakteristik hidrologis DAS.
---	---------------------------------	---	---	---	--

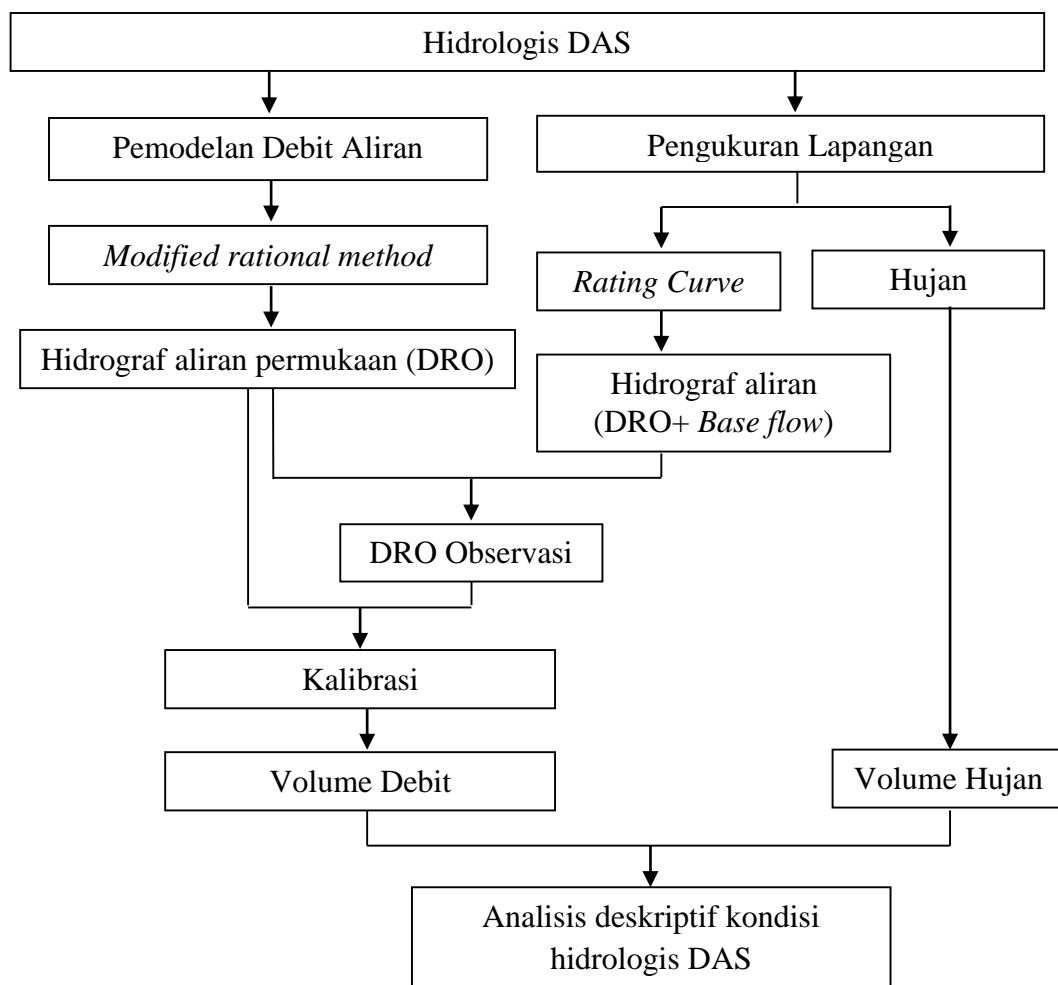
1.7. Kerangka Teori

DAS sebagai suatu sistem kesatuan hidrologis (Suprayogi, Purnama, dan Darmanto, 2013). Terdapat keterkaitan antara karakteristik fisik dan hujan yang terdapat pada DAS terhadap kondisi hidrologi (Setiawan, 2015). Pendekatan geografi yang digunakan untuk penelitian ini berupa pendekatan ekologis. Pendekatan ini melibatkan komponen fisik (alami dan manusia) terhadap kondisi lingkungan (Yunus, 2010). Karakteristik fisik tersebut meliputi morfometri DAS seperti topografi, luas, dan bentuk DAS. Kondisi fisik tidak hanya berupa aspek alami tetapi juga aspek manusia yang berupa penggunaan lahan. Kondisi fisik tersebut dapat mempengaruhi karakteristik hidrologi yang terdapat di DAS Bompon. Tekstur tanah dapat mempengaruhi tingkat kejenuhan tanah. Hal ini juga dipengaruhi oleh besarnya curah hujan yang terdapat pada DAS Bompon. Tata guna lahan yang tidak tepat pada DAS Bompon dengan kemiringan lereng yang bervariasi juga dapat memicu permasalahan lingkungan di DAS Bompon seperti kekeringan (Van dan Alkema, 2007).

Kekeringan sebagai permasalahan utama yang berada di DAS Bompon. Kekeringan ini diindikasikan dengan menurunnya cadangan air, berkurangnya kandungan air dalam tanah sehingga tidak mampu mencukupi kebutuhan tanaman, dan defisit air ketika musim kemarau (Wisnubroto, 1998). Kemampuan DAS Bompon yang cenderung rendah dalam menyimpan air perlu dilakukan identifikasi kondisi hidrologis. Kondisi hidrologis DAS direpresentasikan dalam bentuk debit aliran.

Kondisi hidrologis DAS dapat diketahui berdasarkan dua cara, yaitu pemodelan dan observasi secara langsung. Pemodelan ini menggunakan metode rasional modifikasi, dengan *output* berupa debit aliran permukaan (DRO). Besarnya debit aliran permukaan sebagai hasil interaksi antara karakteristik hujan dan terhadap kondisi fisik DAS. Kondisi fisik DAS ditunjukkan oleh morfometri DAS, koefisien saturasi (Ksat), dan koefisien kekasaran *manning* (N). Komponen ini digunakan untuk mengetahui besarnya *baseflow* pada lokasi kajian.

Hasil pemodelan yang berupa debit DRO perlu dilakukan kalibrasi dengan hasil pengukuran di lapangan. Pengukuran di lapangan berupa pengukuran debit aliran dan TMA. Berdasarkan data tersebut dapat diperoleh *rating curve* yang menggambarkan hubungan antara debit aliran dan TMA. *Rating curve* ini digunakan untuk kalibrasi hasil pemodelan sehingga perhitungan volume debit air yang keluar melalui *outlet* DAS dapat dihitung. Data tersebut dibandingkan dengan volume hujan yang berada di DAS Bompon sehingga dapat dilakukan identifikasi kondisi hidrologis DAS. Kerangka pemikiran dari penelitian ini dijelaskan pada gambar 1.10.



Gambar 1.10. Diagram Alir Kerangka Pemikiran

1.8. Batasan Operasional

Daerah Aliran Sungai merupakan wilayah yang dibatasi oleh igir-igir (batas topografi), aliran air pada wilayah tersebut berkumpul pada satu outlet.

Model Hidrologi merupakan cara yang digunakan untuk menghitung besarnya aliran air serta memprediksi kondisi hidrologi akibat adanya perubahan seperti penggunaan lahan.

Data logger berupa data komputer mikro yang dapat menyimpan atau merekam secara otomatis komponen-komponen hidrologis dengan periode pencatatan tertentu (Hadi, 2003).

Durasi hujan merupakan lama waktu terjadinya hujan dari mulai hujan sampai berakhirnya hujan yang dapat merepresentasikan total curah hujan (Hadi, 2003).

Intensitas Hujan merupakan jumlah presipitasi per satuan waktu (Griend, 1979).

Hidrograf aliran merupakan grafik yang menghubungkan antara debit aliran terhadap waktu dan terdapat komponen-komponen hidrograf (Viessman, Lewis, dan Knapp, 1989).

Debit puncak merupakan debit maksimum limpasan yang ditunjukkan dengan bagian puncak pada hidrograf aliran (Triatmodjo, 2008).

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan oleh air hujan dari hulu hingga ke *outlet* DAS (titik pengamatan) (Suripin, 2004).

Waktu dasar merupakan waktu dari dimulainya limpasan hingga titik akhir dari aliran langsung (Triatmodjo, 2008).

Waktu puncak merupakan waktu yang dibutuhkan aliran hingga mencapai debit puncak (Triatmodjo, 2008).

Kurva lengkung aliran merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara TMA terhadap besarnya aliran (Subarkah I. , 1977).

Presipitasi merupakan Air yang jatuh ke permukaan Bumi yang mengalami proses kondensasi dari uap air di atmosfer.

Evapotranspirasi merupakan penguapan yang berasal dari tumbuhan maupun non tumbuhan (tanah dan air).

Run off merupakan bentuk perpindahan air yang berada di permukaan Bumi melalui saluran-saluran dengan ukuran yang bervariasi dari terkecil hingga sungai-sungai berukuran besar (Ward, 1967).

Penggunaan Lahan merupakan segala campur tangan manusia baik secara menetap maupun berpindah terhadap sumberdaya alam maupun buatan dan berguna untuk memenuhi kebutuhan hidup.

Porositas merupakan jumlah pori-pori yang berada pada tanah yang dinyatakan dengan satuan persen (Sartohadi, Suratman, Jamulya, dan Dewi, 2012).

LDD (*Local Drain Direction*) merupakan fitur pemodelan arah aliran pada PC Raster.

Lahan Kosong adalah lahan terbuka yang tidak digunakan untuk aktivitas pertanian maupun ekonomi lainnya tetapi ditumbuhi oleh rumput liar.

Koefisien Saturasi merupakan nilai yang menunjukkan perbandingan antara volume air terhadap volume pori-pori tanah (Jetten dan Shrestha, 2011).

DRO (*Direct Runoff*) merupakan aliran yang berasal dari air hujan yang mencapai sungai melalui permukaan tanah, aliran ini meliputi *overlandflow* dan *interflow*.

Baseflow merupakan aliran yang berasal dari aliran dalam tanah atau berasal dari proses perkolasi.