

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Curah hujan yang terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) akan menjadi limpasan langsung, apabila DAS tersebut tidak dikelola dengan baik. Debit aliran atau limpasan ini dapat dijadikan petunjuk mampu tidaknya DAS berperan sebagai pengatur proses, khususnya dari segi hidrologi. Secara hidrologi pengelolaan DAS berupaya untuk mengelola kondisi biofisik permukaan bumi, sedemikian rupa, sehingga didapat suatu hasil air (*water yiel*) secara maksimum serta memiliki aliran yang optimum, yaitu terdistribusi merata sepanjang tahun. Jika suatu DAS tidak dikelola dengan baik, dapat mengakibatkan daerah tangkapan air pada suatu DAS tidak lagi dapat membendung air limpasan hujan, sehingga limpasan air yang berlebihan tersebut akan menimbulkan banjir.

Menurut Ramadani (2013) dalam Rury, H., Fauzi, M., Hendri, A. 2016 yang juga melakukan penelitian tentang pemodelan variabel α pada HSS Nakayasu dan membandingkan dengan HSS Gama I. Dari penelitian Ramadani tersebut dihasilkan bahwa pemodelan persamaan α dapat dipengaruhi oleh data karakteristik DAS yang berupa panjang DAS dan luas DAS, sedangkan berdasarkan kontrol volume metode HSS Nakayasu lebih akurat dibandingkan dengan metode HSS Gama I.

B. Hidrologi

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya (Sri Harto,1993). Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari seluk-beluk air, kejadian dan distribusinya, sifat alami dan sifat kimianya, serta reaksinya terhadap kebutuhan manusia.

C. Siklus Hidrologi

Menurut Andrew, J.R., Tiny, M., Eveline, W., Hanny, T. (2014), Siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir diatas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang terinfiltrasi ke tanah mula-mula akan mengisi pori-pori tanah sampai mencapai kadar air jenuh. Apabila kondisi

tersebut telah tercapai, maka air tersebut akan bergerak dalam dua arah, arah horisontal sebagai *interflow* dan arah vertikal sebagai perkolasi.



Gambar 2.1. Siklus Hidrologi
(<https://hmjgeo.files.wordpress.com/2011/04/siklus-hidrologi.doc>)

Analisis hidrologi diperlukan untuk memperoleh besarnya debit banjir rencana. Debit banjir rencana merupakan debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas sungai. Untuk mendapatkan debit rencana tersebut dapat dengan cara melakukan pengamatan dan pengukuran langsung di lokasi sungai ataupun dengan menganalisis data curah hujan maksimum pada stasiun-stasiun pengukuran hujan yang berada di Daerah Aliran Sungai tersebut.

D. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) (*catchment, basin, watershed*) merupakan daerah dimana semua alirannya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan aliran air permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasarkan air

bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. (Sri Harto. 1993).

E. Banjir

Menurut Sulistyono & Wiryanto (2018), *“Flood is a natural phenomena that often occurs during the rainy season. In general, flooding occurs due to the inability of the river to accommodate the discharge that enters into it. The river’s ability to accommodate discharge is called the river capacity. The magnitude of the river capacity is determined by the area of the wet cross section and the flow velocity. While the flow velocity depends on the basic slope of the river, the roughness of the river body, and the hydraulic radius. In short, the river capacity depends on the shape of the river geometry. The rain that descends in a watershed will caus the river discharge to increase. If the discharge coming into the river exceeds the river capacity, there will be overflow from the river.the overflow of this river is one of the causes of flooding in a region. The relationship between rainfall and discharge, which depends on the geometry of the watershed, is interesting to study especially assoiated the amount of discharge that outflow from watershed”* yang berarti Banjir adalah fenomena alam yang sering terjadi pada musim hujan. Secara umum, banjir terjadi karena ketidakmampuan sungai untuk menampung debit yang masuk ke dalamnya. Kemampuan sungai untuk menampung debit disebut kapasitas sungai. Besarnya kapasitas ditentukan oleh luas penampang basah dan kecepatan aliran. Sementara kecepatan aliran tergantung pada kemiringan dasar sungai, kekasaran badan sungai dan panjang sungai. Hujan yang turun di

DAS suatu sungai akan menyebabkan debit sungai meningkat jika debit air yang masuk melebihi kapasitas sungai sehingga akan terjadi luapan dari sungai. Luapan sungai ini merupakan salah satu penyebab banjir di suatu wilayah.

F. Debit Banjir

Menurut Sri Harto (1993), Debit banjir atau yang biasa disebut debit puncak adalah besarnya suatu volume air maksimum yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai aliran (sungai) per satuan waktu, dalam satuan $m^3/detik$. Untuk mendapatkan besaran debit banjir yang diakibatkan luapan sungai analisis perlu dilakukan dengan menggunakan data banjir terbesar tahunan atau curah hujan tahunan yang paling besar yang sudah pernah terjadi.

G. Hujan DAS

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses analisis hidrologi, karena kedalaman curah ujan (*rainfall depth*) yang turun dalam suatu DAS akan dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran Antara (*interflow, sub-surface runoff*), maupun sbagian aliran tanah (*groundwater flow*) (Sri Harto, 1993)

Agar terjadi proses pembentkan hujan, maka ada dua syarat yang harus dipenuhi:

1. Tersedia udara lembab,
2. Tersedia sarana, keadaan yang dapat mengangkat udara tesebut ke atas sehingga terjadi kondensasi.

Pada DAS Banjarnegara yang merupakan daerah penelitian berada di lereng gunung Slamet. Secara geografis termasuk daerah yang memiliki iklim tropis, sehingga jenis hujan yang terjadi kemungkinan besar adalah hujan tipe siklon dan orografik. Untuk memperoleh besaran hujan yang dapat dianggap sebagai kealaman hujan yang sebenarnya terjadi di seluruh DAS, maka diperlukan sejumlah stasiun hujan yang dipasang sedemikian rupa sehingga dapat mewakili besaran hujan di DAS tersebut (Sri Harto, 1993)

Untuk melakukan pengukuran hujan diperlukan alat pengukur hujan (*reingauge*) yang harus dipasang sesuai dengan aturan yang ditetapkan oleh WMO (*World Meteorological Organisation*), atau aturan yang disepakati secara nasional di suatu Negara. Dalam pemakaiannya terdapat dua jenis alat ukur hujan, yaitu: penakar hujan biasa (*manual raingauge*) dan penakar hujan otomatis (*automatic raingauge*). (Sri Harto, 1993)

H. Perhitungan curah hujan rata-rata daerah aliran sungai

Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan data hujan rata-rata DAS. Untuk menghitung besaran ini dapat dilakukan dengan cara :

1. Rata-rata Aljabar

Cara hitungan dengan rata – rata aljabar (*mean arithmetic method*) ini merupakan cara yang paling sederhana, akan tetapi memberikan hasil yang tidak teliti. Hal ini terjadi karena setiap stasiun dianggap mempunyai bobot yang sama. Hal ini dapat digunakan kalau hujan yang terjadi dalam DAS homogeny dan variasi tahunannya tidak terlalu besar. (Sri Harto, 1993)

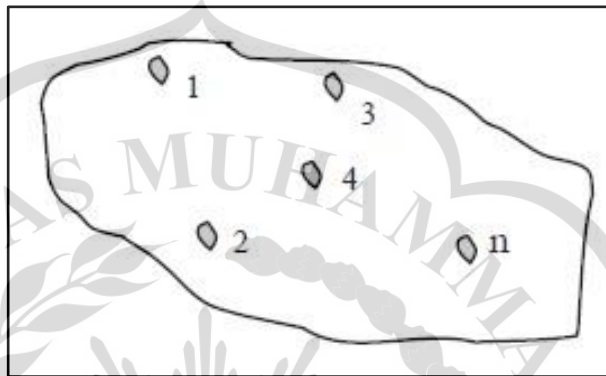
Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{R_1+R_2+R_3+\dots+R_n}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

\bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)

$R_1\dots R_n$ = Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun(mm)

n = Banyaknya stasiun hujan



Gambar 2.2 Hitungan Hujan dengan rata-rata Aljabar

(Sumber: Wahlul Sodikin,2017)

a. *Poligon Thiessen*

Cara ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu, dan luas tersebut merupakan factor koreksi (*weighing factor*) bagi hujan di stasiun yang bersangkutan. (Sri Harto, 1993)

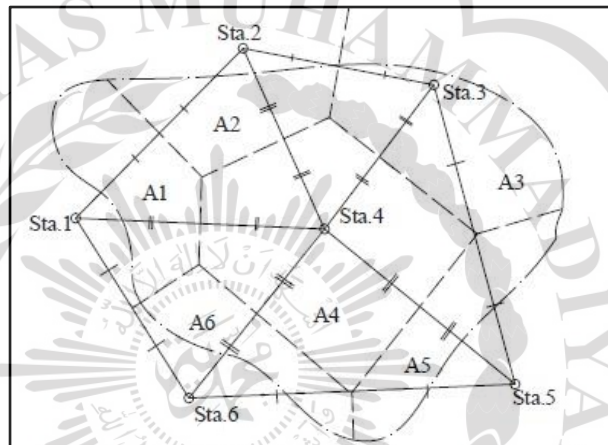
Ada beberapa syarat-syarat penggunaan Metode *Thiessen*,

Antara lain:

- Stasiun hujan minimal 3 buah dan letak stasiun dapat tidak merata
- Daerah yang terlibat dibagi menjadi poligon-poligon, dengan stasiun pengamat hujan sebagai pusatnya.

Adapun Cara perhitungan dengan metode Thiessen adalah:

Hubungkan titik-titik stasiun yang terdapat pada lokasi pengamatan sehingga terbentuk poligon, lalu tarik garis sumbu tegak lurus tepat di tengah-tengah garis-garis yang menghubungkan stasiun tersebut, sehingga diperoleh segmen-segmen yang merupakan daerah pengaruh bagi stasiun terdekat.



Gambar 2.3. Metode Poligon Thiessen
(Sumber: Wahlul Sodikin,2017)

Setelah luas tiap-tiap daerah pengaruh untuk masing-masing stasiun didapat, koefisien Thiessen dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$C_i = \frac{A_i}{A_{total}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1+A_2R_2+A_3R_3+\dots+A_nR_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

(Sri Harto, 1993)

dimana :

C = Koefisien Thiessen

A_i = Luas pengaruh dari stasiun pengamatan i (km²)

A = Luas total dari DTA (km^2)

\bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada setiap titik pengukuran (mm)

b. Isohyet

Isohyet ini adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai kedalaman hujan sama pada saat yang bersamaan. (Sri Harto 1993)

Adapun syarat-syarat penggunaan Metode Isohyet, yaitu :

- Digunakan di daerah datar / pegunungan.
- Stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata.
- Perlu ketelitian tinggi dan diperlukan analis yang berpengalaman. Cara perhitungan :

Peta Isohyet digambar pada peta topografi dengan perbedaan (interval) 10 sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan didalam dan di sekitar daerah yang dimaksud. Untuk memperkirakan curah hujan daerah, titik-titik yang curah hujannya sama dihubungkan agar membentuk Isohyet dari berbagai harga. Luas bidang diantara 2 Isohyet yang berurutan diukur dengan planimeter dan rata-rata curah hujan pada wilayah di antara 2 Isohyet tersebut dianggap terjadi pada wilayah tertutup.

Sehubungan dengan itu, apabila R_{12} adalah rata-rata curah hujan yang diwakili oleh daerah Isohyet berurutan dengan harga

R1 dan R2, luas antara dua Isohyet ialah A1, dan seterusnya maka curah hujan daerahnya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1+R_2}{2}A_1 + \frac{R_2+R_3}{2}A_2 + \dots + \frac{R_n+R_{n+1}}{2}A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(2.4)$$

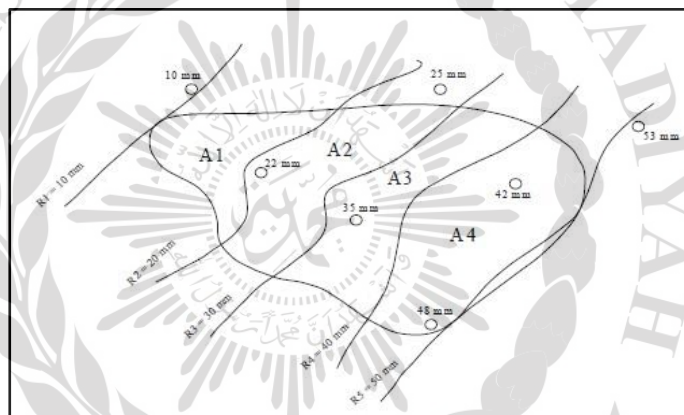
(CD. Soemarto, 1999)

di mana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)

R1, R2,, Rn = Curah hujan stasiun 1, 2,....., n (mm)

A1, A2,, An = Luas bagian yang dibatasi oleh Isohyet-Isohyet (Km²)



Gambar 2.4. Hitungan dengan Isohyet

(Sumber: Wahlul Sodikin,2017)

I. Pengukuran Debit

Kegiatan pengukuran debit ini secara umum mencakup dalam kegiatan hidrometri yang dalam arti sempit dapat dimaksudkan sebagai kegiatan untuk mengumpulkan data tentang aliran sungai. Informasi tyang terukur mencakup perubahan (*variation*) waktu dan ruang. Oleh sebab itu, data sungai yang panjang dan menerus di beberapa tempat di sepanjang sungai sangat diperlukan dalam analisis.(Sri Harto, 1993)

J. Hidrograf Satuan

Menurut Indra Agus, 2007 Hidrograf adalah diagram yang menggambarkan variasi debit atau permukaan air menurut waktu. Kurva tersebut memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi yang ada di daerah tersebut. Kalau karakteristik daerah aliran itu berubah maka bentuk hidrograf juga akan mengalami perubahan. Kegunaan utama hidrograf satuan adalah untuk menganalisis proyek-proyek pengendalian banjir. Faktor utama untuk menentukan bentuk hidrograf adalah karakteristik DAS dan iklim. Unsur iklim yang perlu diketahui adalah jumlah curah hujan total, intensitas hujan, lama waktu hujan, penyebaran hujan dan suhu.

Hidrograf satuan menunjukkan bagaimana hujan efektif tersebut ditransformasikan menjadi limpasan langsung di pelepasan (*outlet*) *watershed*. Transformasi itu disertai anggapan berlakunya proses linear. Hidrograf satuan mempunyai sifat khusus untuk suatu *watershed*, yang menunjukkan adanya efek terpadu sifat dan bentuk permukaan watershed terhadap penelusuran (*routing*) hujan lewat daerah tangkapannya. Prinsip hidrograf satuan dapat diterapkan untuk :

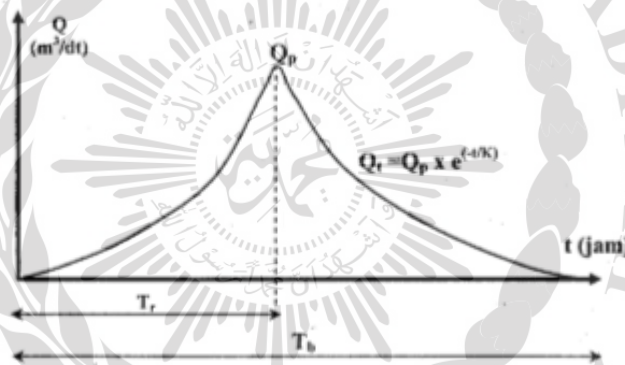
1. memperkirakan banjir perencanaan (*design flood*).
2. mengisi data banjir yang hilang.
3. memperkirakan banjir jangka pendek yang didasarkan atas curah hujan yang tercatat (*recorded rainfall*).

Tujuan hidrograf satuan adalah mencari hubungan antara limpasan permukaan dan hujan sebagai penyebabnya (walaupun sudah jelas terlihat

bahwa kualitas dan intensitas hujan mempunyai pengaruh langsung terhadap hidrograf, maka dengan hidrograf satuan dapat dijelaskan bagaimana hubungannya, berapa besar pengaruh hujan efektif terhadap limpasan permukaan).

K. Hidrograf Satuan Sintetis Gama I

HSS Gama diteliti dan dikembangkan berdasarkan perilaku 30 DAS di Pulau Jawa oleh Sri Harto. Bagian-bagian dari HSS Gama I adalah bagian naik, puncak, dan bagian turun. Unsur-unsur HSS Gama 1 meliputi: waktu puncak (T_p), debit puncak (Q_p), dan Waktu dasar (T_b). (I Made Kamiana, 2011)



Gambar 2.5 Bagian-bagian HSS Gama I

Sumber: (I Made Kamiana, 2011)

Parameter DAS yang diperlukan dalam HSS Gama I adalah:

1. Luas DAS (A)
2. Panjang alur sungai utama (L)
3. Jarak Antara titik berat DAS dengan outlet yang diukur di sepanjang aliran utama (L_c)
4. Kemiringan memanjang dasar sungai (S)

5. Kerapatan jaringan drainase (D), Yaitu perbandingan Antara panjang total aliran sungai (jumlah panjang sungai semua tingkat) dengan luas DAS.

6. Faktor sumber (SF), yaitu perbandingan Antara jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat.

Menurut cara Stahler, tingkat sungai dikategorikan dengan cara berikut:

- a. Sungai paling hulu disebut sungai tingkat 1.
- b. Jika dua sungai yang sama tingkatnya bertemu, maka terbentuk sungai satu tingkat lebih tinggi.
- c. Jika sungai dengan suatu tingkat tertentu bertemu dengan sungai yang tingkatannya lebih rendah, maka tingkatan sungai mula-mula tidak berubah.

7. Frekuensi sumber (SN), yaitu perbandingan jumlah pangsa sungai tingkat 1 dengan jumlah pangsa sungai semua tingkat.

8. Faktor lebar (WF), yaitu perbandingan antara lebar DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,75L dari titik kontrol (WU) dan lebar DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,25L dari titik kontrol atau outlet (WL).

9. RUA, adalah perbandingan Antara AU dan A.

Dimana :

AU = luas DAS di sebelah hulu garis yang ditarik tegak lurus terhadap garis hubung Antara titik control (outlet) dengan titik di sungai yang terdekat dengan titik berat DAS.

A = Luas total DAS

$$\text{Jadi RUA} = \frac{AU}{A}$$

10. Faktor simetri (SIM)

$$\text{SIM} = \text{WF} \times \text{RUA}$$

- SIM \geq 50, artinya DAS melebar di hulu dan menyempit di hilir.
- SIM $>$ 50, artinya DAS menyempit di hulu dan melebar di hilir

(I Made Kamiana, 2011)

Rumus-rumus yang di gunakan dalam menurunkan HSS Gama 1 adalah:

$$1. T_r (\text{Waktu naik}) = 0,43 \times \frac{L}{100 \times SF} + 1,0665 \times \text{SIM} + 1,2275 \dots \dots \dots (2.20)$$

$$2. Q_p (\text{Debit puncak}) = 0,1836 \times A^{0,5886} \times T_r^{-0,4008} \times JN^{0,2381} \dots \dots \dots (2.21)$$

$$3. T_b (\text{Waktu dasar}) = 27,4132 \times T_r^{0,1457} \times S^{-0,0986} \times SN^{0,7344} \times RUA^{0,2574} \dots (2.22)$$

$$4. K (\text{Koefisien Tampungan}) = 0,561 \times A^{0,1457} \times S^{-0,1446} \times SF^{-1,0897} \times D^{0,0452}$$

$$\dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana:

A = Luas DAS

L = Panjang alur sungai utama

S = kemiringan memanjang dasar sungai

D = kerapatan jaringan drainase

SF = faktor sumber

SN = Frekuensi sumber

JN = jumlah pertemuan sungai

RUA = perbandingan antara luas DAS sebelah hulu dengan luas total DAS

SIM = faktor simetri

(I made kamiana : 2011)

L. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Nakayasu (1950) telah menyelidiki hidrograf satuan di Jepang dan memberikan seperangkat persamaan untuk membentuk suatu hidrograf satuan sebagai berikut:

1. Waktu kelambatan (time lag, t_g), rumusnya:

$$t_g = 0,4 + 0,058 \times L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ Km} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$t_g = 0,21 \times L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ Km} \dots\dots\dots (2.25)$$

2. Waktu puncak dan debit puncak hidrograf satuan sintetis dirumuskan sebagai berikut:

$$t_p = t_g + 0,8 T_r \dots\dots\dots (2.26)$$

3. Waktu saat debit sama dengan 0,3 kali debit puncak:

$$t_{0,3} = \alpha \times T_g \dots\dots\dots (2.27)$$

4. Waktu puncak:

$$t_p = t_g + 0,8 T_r \dots\dots\dots (2.28)$$

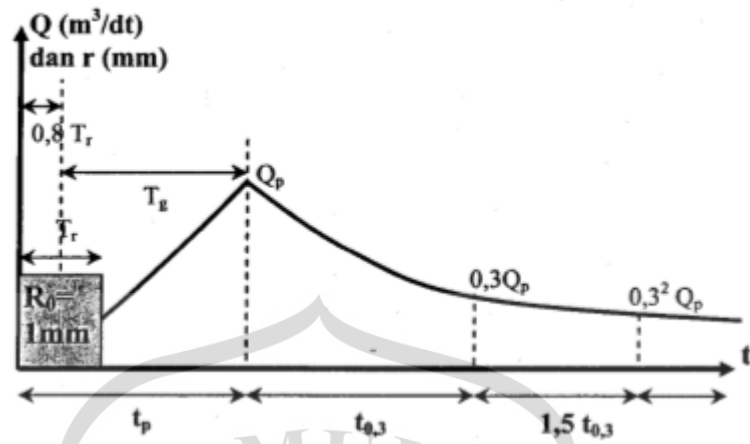
5. Debit puncak Hidrograf satuan sintetis dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times A \times R_o \times \frac{1}{(0,3 \times t_p \times t_{0,3})} \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan Rumus :

- t_g = waktu kelambatan (jam)
- L = panjang sungai (Km)
- $t_{0,3}$ = waktu saat debit sama dengan 0,3 kali debit puncak (jam)
- α = koefisien, nilainya antara 1,5 – 3,0
- t_p = waktu puncak (jam)
- Q_p = debit puncak (m^3/det)
- A = luas DAS (Km^2)
- T_r = durasi hujan (jam)
- R_o = satuan kedalaman hujan (mm)

(I Made Kamiana, 2011)



Gambar 2.6. Bagian-Bagian HSS Nakayasu

Sumber:(I Made Kamiana, 2011)

