

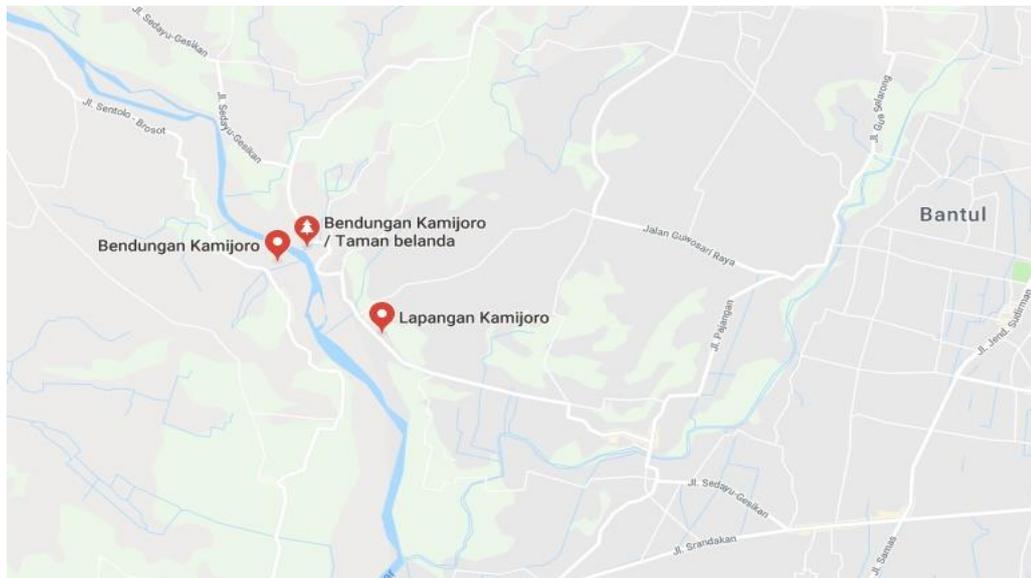
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Bendung Kamijoro yang terletak di Dusun Kamijoro, Desa Sendang Sari, Pajangan, Bantul. Sungai Progo memiliki panjang 115,44 km. Sisi barat sungai progo dibatasi dengan Gunung Sumbing, sisi timur Gunung Merbabu dan Merapi. Sungai Progo juga memiliki DAS sebesar 2203,480 km².

Upaya pembangunan Bendung Kamijoro yaitu untuk memenuhi kebutuhan air dalam meningkatkan hasil pertanian dan mendukung program ketahanan pangan Nasional serta pencapaian target pemenuhan air masyarakat.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Bendung Kamijoro

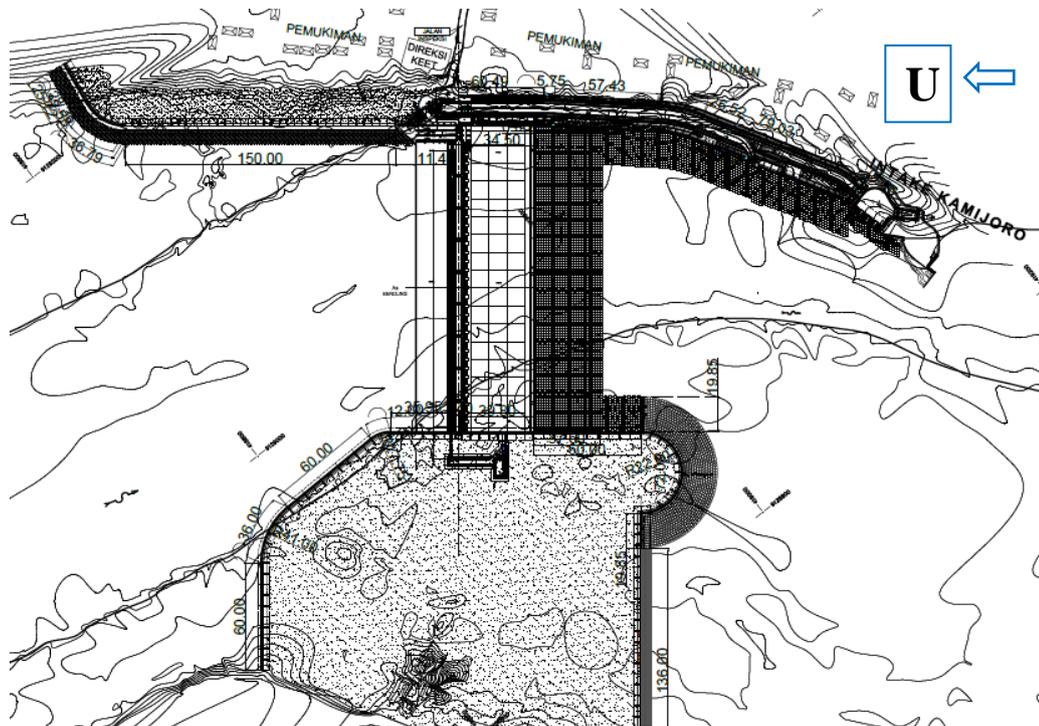
3.2 Karakteristik Obyek Penelitian

3.2.1 Karakteristik Tanah

Jenis tanah pada lokasi Bendung Kamijoro adalah pasir, karena berkaitan dengan kondisi endapan Sungai Progo di lokasi sekitar Intake Kamijoro. Bagian tepi kanan ketebalan endapan sungai (pasir, kerikil, kerakal) relatif lebih tebal dibandingkan dibagian tepi kiri sungai, dengan perkiraan ketebalan 15 – 20 meter dengan lebar endapan mencapai jarak kira-kira 200 meter yang menjadi zona dataran banjir dari Sungai Progo.

3.2.2 Karakteristik Struktur Bendung Kamijoro

Bendung Kamijoro direncanakan untuk suplesi air bagi Bendung Pijenan yang mengairi sawah seluas 2.370 Ha yang terdiri atas Daerah Irigasi (D.I.) Jigutan di bagian hulu seluas 296 Ha dan D.I. Kebonongan di bagian hilir seluas 2.074 Ha. Berikut diberikan beberapa desain & karakteristik Bendung Kamijoro.



Gambar 3.2 Denah konstruksi Bendung Kamijoro
(BBWS Serayu-Opak 2017)

Bahan konstruksi: Beton bertulang (mutu f_c' : 15 Mpa, berat jenis ρ : 2,40 ton/m³)

Elevasi mercu bendung: 24,50 m

Lebar bendung: 171,00 m

Tinggi badan bendung: 2,40 m

Panjang badan bendung: 10,50 m

Panjang total bendung (lantai hulu s/d lantai hilir): 43,50 m

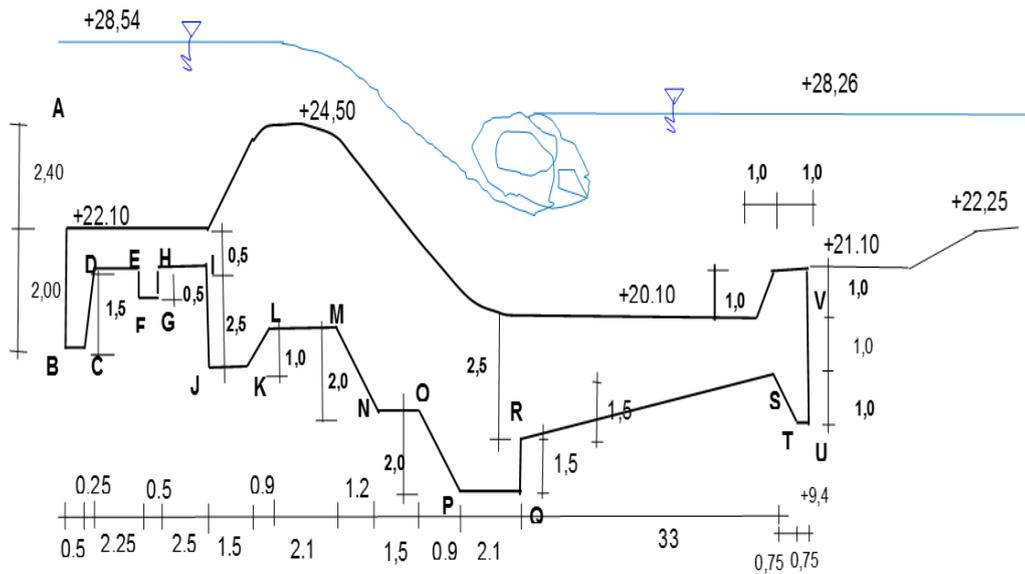
Panjang lantai hulu: 6,00 m ~ elevasi: 22,10 m

Panjang kolam olakan: 33,00 m ~ elevasi: 20,10 m

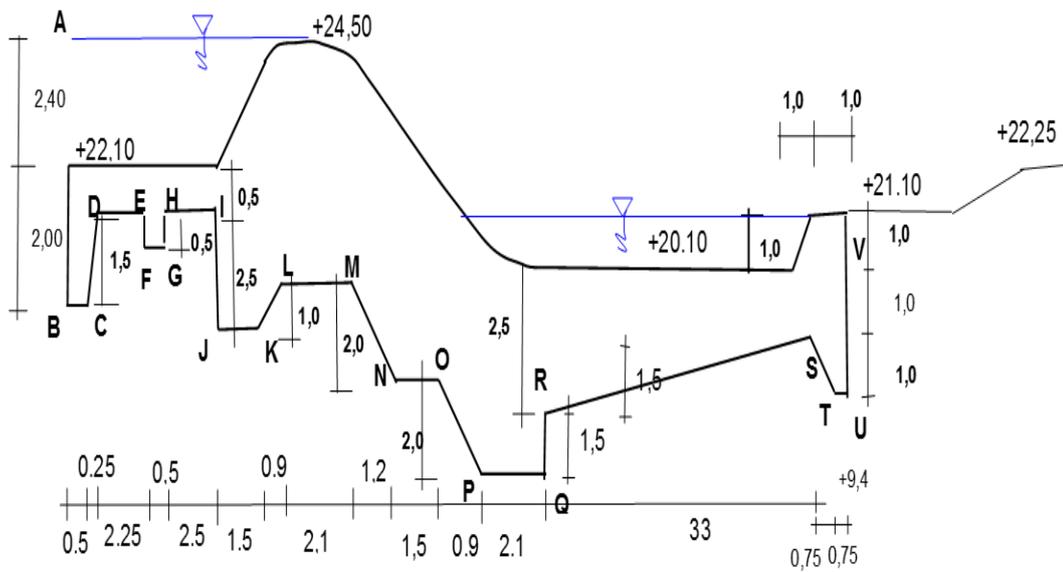
Muka air banjir hulu: 28,54 m

Muka air banjir hilir: 28,28 m

Muka air normal hilir: 21,10m



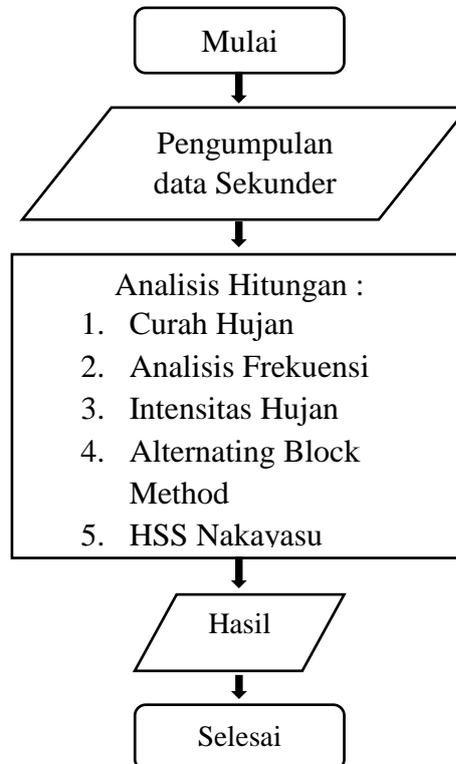
Gambar 3.3 Konstruksi bendung dengan kondisi muka air banjir (BBWS Serayu-Opak, 2017)



Gambar 3.4 Konstruksi bendung dengan kondisi muka air normal (BBWS Serayu-Opak, 2017)

3.3 Bagan Alir Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat digambarkan dengan bagan alir sebagai berikut :



Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

3.3.1. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data merupakan langkah pertama yang harus dilakukan, karena sangat menentukan suatu proses penelitian tersebut hingga akhir. Penelitian ini menggunakan data sekunder, dan pengumpulan data sekunder ini dilakukan dengan mengajukan permintaan data kepada pihak-pihak yang terkait dalam proyek ini. Data-data yang diperlukan pada penelitian ini adalah berupa intensitas hujan, panjang sungai dan luas DAS.

3.3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Triatmodjo (2008) menyatakan bahwa luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah sekitar pada peta topografi. Luas DAS juga berpengaruh terhadap debit sungai. DAS yang semakin besar maka semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai.

3.3.3 Curah Hujan Wilayah

Curah hujan (mm) merupakan ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) mm adalah air hujan setinggi 1 (satu) mm yang jatuh (tertampung) pada tempat yang datar seluas 1 m² dengan asumsi tidak ada yang menguap, mengalir dan meresap pada suatu wilayah (Mulyono, 2014).

Menurut Dainty dkk (2016) Untuk mengetahui batas curah hujan dan peluang curah hujan maka dapat dilihat dari kondisi terdekat curah hujan dengan yang ada di lapangan. Upaya selanjutnya yaitu menentukan batas tertinggi dan terendah curah hujan.

Stasiun penakar hujan memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun tersebut berada sehingga hujan di suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut, apabila disuatu daerah ada lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat dari masing-masing stasiun bisa tidak sama. Analisis hidrologi sering digunakan dalam menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu, Metode Rerata Aritmatik, Metode Poligon Thiessen, dan Metode Isohiet (Triatmodjo, 2008).

3.3.3.1 Metode rerata aritmatik

Metode ini merupakan cara yang sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, namun stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS diberikan oleh bentuk berikut (Triatmodjo, 2008) :

$$P = \frac{p_1+p_2+p_3\dots+p_n}{n} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana: \bar{P} = Hujan rerata kawasan

P_1, P_2, \dots, P_n = Hujan pada stasiun 1,2,3...,n

n = Jumlah stasiun

3.3.3.2 Polygon Thiessen

Polygon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rerata kawasan. *Polygon Thiessen* adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru (Triatmodjo, 2008).

Polygon Thiessen memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon. Jumlah dari hitungan tersebut untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematik mempunyai bentuk berikut (Triatmodjo, 2008):

$$\bar{P} = \frac{A_1.P_1 + A_2.P_2 + \dots + A_n.P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana: \bar{P} = Hujan rerata kawasan

P_1, P_2, \dots, P_n = Hujan pada stasiun 1,2,3,...,n

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3,...,n

Tugas kali ini membentuk suatu *Polygon Thiessen* berdasarkan pada Peta DAS yang telah dibuat sebelumnya yang menggunakan Metode Thiessen. Metode ini menggunakan sistem pengambilan data hujan pada beberapa stasiun yang tersebar luas di dalam maupun di luar daerah aliran sungai yang diharapkan sudah mencakup daerah sekitar dengan intensitas hujan yang tidak jauh berbeda (Triatmodjo, 2008).

3.3.4 Analisis Frekuensi

Analisis Frekuensi memiliki tujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim (maksimal dan minimal) serta frekuensinya berdasar pada distribusi probabilitas, (Kapantow dalam Triatmodjo, 2017).

Menurut Triatmodjo (2008) Beberapa fungsi distribusi kontinu (teoritis), yang sering digunakan analisis frekuensi untuk hidrologi, seperti distribusi *Log*

Pearson III yang memerlukan sedikit data. Log *Pearson* III ini bertujuan untuk mendapatkan nilai X_{tr} di setiap tahunnya.

Data-data tersebut selanjutnya dapat digunakan dalam perhitungan Analisis Frekuensi, yaitu sebagai berikut (Triatmodjo, 2008) :

3.3.4.1 Distribusi *Log Pearson III*

Contoh Perhitungan:

- Mencari Rata-rata nilai hujan

$$X = \frac{X_1+X_2+X_3+\dots+X_n}{n} \dots\dots\dots (3.9)$$

- Mencari nilai Log X_i

Misal X_i diambil pada tahun 1998

- Mencari nilai ($\ln X_i - \ln X$)

Jumlah dari nilai rerata Log X dari tahun 1998 hingga 2007

- Mencari nilai ($\ln X_i - \ln X$)²
- Mencari ($\ln X_i - \ln X$)³
- Mencari nilai Standar Deviasi

Jumlah dari nilai ($X_i - X$)² dari tahun 1998 hingga 2007 selanjutnya dimasukkan ke dalam perhitungan seperti dibawah.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(\ln X_i - \ln X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.10)$$

- Mencari Nilai C_s

Jumlah dari nilai ($X_i - \bar{X}$)³ dari tahun 1998 hingga 2007 selanjutnya dimasukkan ke dalam perhitungan seperti dibawah.

$$C_s = \frac{n \times \sum(X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times SD^3} \dots\dots\dots (3.11)$$

- Mencari TR

Periode ulang (TR) pada metode Log *Pearson* III digunakan nilai T tahun sebesar 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 (tahun).

- Mencari Probabilitas Ulang

$$P = \frac{1}{TR} \times 100 \% \text{ (misalkan diambil TR 2 Tahunan) .. (3.11)}$$

- Mencari Nilai Kt

Cara untuk mencari nilai Kt didapat berdasarkan table Nilai KT untuk distribusi Pearson III (kemencengan positif), seperti tabel dibawah dan melakukan interpolasi.

Berdasarkan perhitungan sebelumnya nilai Cs. Maka:

$$K2 = Y1 + \left[\left(\frac{X-X1}{X2-X1} \right) (Y2 - Y1) \right] \dots\dots\dots (3.12)$$

- Mencari Nilai XTr

$$2,718 \times (\ln Xi + Kt \times SD)$$

3.3.5 Debit Banjir Rencana

Menurut Triatmodjo (2008), Pencatatan hujan biasanya dalam bentuk data hujan harian, jam-jaman atau menitan. Pencatatan dilakukan dengan interval waktu pendek supaya distribusi hujan selama terjadinya hujan tidak diketahui. Distribusi hujan yang digunakan sebagai masukan untuk mendapatkan hidrograf aliran. Metode yang dapat digunakan untuk menentukan distribusi hujan rencana ada beberapa, namun dalam penelitian ini hanya menggunakan Mononabe dan *Alternating Block Method* (ABM).

3.3.5.1 Kurva IDF dengan Metode *Mononobe*

Menurut Suyono dan Takeda, 1983 dalam Triatmodjo (2008) Penurunan kurva IDF dapat dilakukan apabila tersedia data hujan otomatis, sehingga diperoleh hujan dengan durasi singkat (5,10,15,.... menit). Apabila yang tersedia adalah data hujan harian. Berikut ini rumus untuk menurunkann kurva IDF :

$$It = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (3.13)$$

dengan :

It : Intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam),

t : lamanya curah hujan (jam),

R₂₄ : curah hujan maksimum selama 24 jam (mm).

3.3.5.2 *Alternating Block Method* (ABM)

Alternating Block Method (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva IDF. *Hyetograph* rencana yang dihasilkan oleh metode ini adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang

berurutan dengan durasi Δt selama waktu $T_d = n \Delta t$. Periode tertentu, intensitas hujan diperoleh dari kurva IDF pada setiap durasi waktu Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$. Kedalaman hujan diperoleh dari perkalian antara intensitas hujan dan durasi waktu tersebut. Perbedaan antara nilai kedalaman hujan yang berurutan merupakan pertambahan hujan dalam interval waktu Δt . Pertambahan hujan tersebut (blok-blok), diurutkan kembali ke dalam rangkaian waktu dengan intensitas hujan maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan T_d dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak balik pada kanan dan kiri dari blok tengah (Triadmodjo, 2008).

3.3.6 Metode Nakayasu

Hidrograf satuan Nakayasu dikembangkan berdasar beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Bentuk HSS Nakayasu dijelaskan dengan persamaan ini (Triadmodjo, 2008) :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times \left(\frac{A \times Re}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \dots \dots \dots (3.14)$$

Sebelum mencari nilai Q_p kita haruslah mencari terlebih dahulu beberapa parameter seperti Luas Das (A), waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (T_p), waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali bedit puncak ($T_{0,3}$). Nilai luasan DAS dapat dilihat berdasarkan peta DAS yang telah dibuat sebelumnya. Sementara untuk mencari nilai T_p dan $T_{0,3}$ dapat ditentukan dengan rumus-rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} T_p &= t_g + 0,8 T_r \\ t_g &= 0,4 + 0,058 L && \text{untuk } L > 15 \text{ km} \\ t_g &= 0,21 L^{0,7} && \text{untuk } L < 15 \text{ km} \\ T_{0,3} &= \alpha t_g \\ T_r &= 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \end{aligned}$$

dimana:

Q_p = debit puncak banjir

A = luas DAS (km^2)

Re = curah hujan efektif (1 mm)

T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali bedit puncak (jam)

t_g = waktu konsentrasi (jam)

T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam)

α = koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2

L = panjang sungai utama (km)

Setelah data T_p , $T_{0,3}$ didapatkan, maka nilai Q_p dapat ditentukan berdasarkan rumus diatas:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times \left(\frac{A \times R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \dots \dots \dots (3.15)$$

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut :

a. Pada krva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots \dots \dots (3.16)$$

b. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \dots \dots \dots (3.17)$$

c. Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})} \dots \dots \dots (3.18)$$

d. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})} \dots \dots \dots (3.19)$$

Setelah itu tentukan nilai UH dengan mengalikan P dengan Q dari berbagai bentuk kurva pada perhitungan sebelumnya.

Misalkan untuk $T = 0,5$ jam

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

$$UH1 = Q_{t0,5} \times P1$$

$$UH2 = Q_{t0} \times P1$$

$$UH2 \text{ s/d } UH10 = 0$$

$$Q_{tot} = UH1 + UH2 + UH3 + UH4 + UH5 \dots \dots \dots (3.20)$$

Perhitungan UH yang selanjutnya perhitungan akan bergeser tiap 0,5 jam. Pergeseran itu akan terus terjadi setiap peningkatan waktu. Nilai infiltrasi sama dengan 0 akan terus meningkat tiap peningkatan waktu. Nilai infiltrasi telah dianggap 0 (nol), sehingga tanah dianggap sudah jenuh air.