



**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN TUBUH BENDUNGAN UTAMA  
(MAINDAM) PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN BAGONG  
KABUPATEN TRENGGALEK, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar  
Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



**Disusun Oleh :**

**Moch. Afrizal Syahdirama Firdaus**

**219.010.510.61**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
2023**



**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN TUBUH BENDUNGAN UTAMA  
(MAINDAM) PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN BAGONG  
KABUPATEN TRENGGALEK, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar  
Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



**Disusun Oleh :**

**Moch. Afrizal Syahdirama Firdaus**

**219.010.510.61**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
2023**

## RINGKASAN

**Moch. Afrizal Syahdirama Firdaus**, 219.010.510.61 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, Studi Alternatif Perencanaan Tubuh Bendungan Utama (*Maindam*) Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur, Dosen Pembimbing: **Dr. Ir. Hj. Eko Noerhayati, M.T.** dan **Anita Rahmawati, S.ST., M.T.**

---

Bendungan Bagong merupakan konstruksi penampung air yang direncanakan untuk mengatasi masalah kebutuhan kuantitas air yang tersedia dalam memenuhi kebutuhan Masyarakat di Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek. Oleh karena itu analisis hidrologi, dimensi, dan stabilitas perlu dilakukan dengan tujuan memperoleh konstruksi tubuh bendungan (*maindam*) yang efektif untuk menampung air dan memenuhi syarat keamanan bendungan.

Metode yang dibutuhkan dalam analisis hidrologi yaitu dengan penelusuran banjir kala ulang 1000 tahun dan dikontrol dengan kala ulang PMF dengan perhitungan hidrograf banjir rancangan HSS Nakayasu. tujuan dari analisis hidrologi ini adalah untuk menyajikan data-data dalam analisis hidrologi. Dan analisis hidrolika untuk mengetahui profil muka air normal dan muka air banjir sehingga dapat menentukan analisis dimensi tubuh bendungan (*maindam*) yang direncanakan. Dalam analisis stabilitas lereng bendungan menggunakan metode irisan sederhana *Fellenius* lengkungan lingkaran sebagai permukaan bidang longsor percobaan. Analisis dilakukan pada daerah hulu dan hilir tubuh bendungan (*maindam*) dengan kondisi kosong, MAN, MAB.

Hasil dari penelitian ini didapatkan analisis debit banjir rancangan  $Q_{1000}$  tahun dengan elevasi +329,62 (MAN) sebesar  $Inflow = 772,46 \text{ m}^3/dt$ , dan  $Outflow = 595,74 \text{ m}^3/dt$ . Debit banjir rancangan dengan  $Q_{PMF}$  dengan elevasi +330,02 (MAB) sebesar  $Inflow = 835,50 \text{ m}^3/dt$ , dan  $Outflow = 642,38 \text{ m}^3/dt$ . Hasil perhitungan dimensi tubuh bendungan dengan tipe tubuh bendungan urugan zonal dengan inti miring (*inclined-core fill type dam*) yakni tinggi bendungan = 72,33 m dengan elevasi mercu bendungan = +332,33 m, lebar mercu = 12 m, Kemiringan lereng hulu = 1 : 1,9, Dan Kemiringan lereng hilir = 1 : 1,9.

Hasil perhitungan stabilitas bendungan manual metode *Fellenius* dengan faktor keamanan kritis ditinjau dalam keadaan normal dan gempa diperoleh nilai  $1,946 > 1,5$  (aman) pada hulu tubuh bendungan saat waduk kosong kondisi normal dan  $1,350 > 1,1$  (aman) pada hilir tubuh bendungan saat waduk MAB kondisi gempa.

**Kata kunci:** Bendungan, Hidrologi, Stabilitas Lereng, Tubuh Bendungan

## SUMMARY

**Moch. Afrizal Syahdirama Firdaus**, 219.010.510.61 *Civil Engineering Faculty, Islamic University of Malang, Study of Alternative Main Dam Planning Bagong Dam Construction Project, Trenggalek Regency, East Java, Advisor: Dr. Ir. Hj. Eko Noerhayati, M.T. And Anita Rahmawati, S.ST., M.T.*

*Bagong Dam is a water storage construction planned to overcome the problem of imbalance in the quantity of available water to meet the needs of the community in Bendungan District, Trenggalek Regency. Therefore hydrological analysis, dimension and stability need to be done to obtaining maindam construction which is effective for storing water and to fulfill dam safety requirements.*

*The method required for hydrological analysis is to search for 1000 years flood routing and controlled by the PMF with flood hydrograph calculations designed by HSS Nakayasu. The purpose of this hydrological analysis is to serve data in hydrological analysis meanwhile hydraulic analysis is to find out the normal water level profile and flood water level so that it can determine the dimensional analysis of the maindam planned. In the analysis of dam slope stability uses simple slice Fellenius method circular curve as the surface of the experimental landslide plane. The analysis was carried out in the upstream and downstream areas of the maindam with empty condition, NWL, FWL.*

*The results of this research obtained an analysis of the  $Q_{1000}$  years design flood discharge with an elevation of +329.62 (NWL) of Inflow = 772.46  $m^3/dt$ , and Outflow = 595,74  $m^3/dt$ . Design flood discharge with  $Q_{PMF}$  and elevation of +330.02 (MAB) Inflow = 835.50  $m^3/dt$ , and Outflow = 642,38  $m^3/dt$ . Calculation results of maindam dimensions with zonal fill maindam inclined-core fill type dam is dam height = 72.33 m with dam lighthouse elevation = +332.33 m, lighthouse width = 12 m, upstream slope slope = 1 : 1.9, and downstream slope slope = 1 : 1.9.*

*The results of manual dam stability calculation Fellenius method with the critical safety factor considered in normal and earthquake conditions, a value of 1.946 > 1.5 (safe) was obtained upstream of the maindam when the reservoir was empty in normal conditions and 1.350 > 1.1 (safe) downstream of the maindam when the FWL reservoir was in an earthquake condition.*

**Keywords:** Dam, Hydrological, Maindam, Slope Stability

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh makhluk hidup salah satunya manusia, kegunaannya untuk kebutuhan langsung dan tidak langsung seperti bahan baku air industri, air minum dan sanitasi maupun keperluan secara tidak langsung seperti peternakan, irigasi, persawahan, perikanan, pembangkit listrik tenaga air maupun keperluan lain untuk keberlangsungan hidup manusia. Khususnya di Kabupaten Trenggalek yang memiliki luas wilayah 126.140 hektare yang terdiri dari 14 kecamatan dengan hasil pertanian seperti tanaman pangan padi, jagung, singkong, kedelai, dan kacang yang membutuhkan sumber air irigasi. Salah satu cara untuk menyediakan suplai air ini dengan pembangunan suatu bangunan air berupa bendungan. Pada Pembangunan bendungan merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi persediaan air.

Bendungan adalah suatu struktur hidrolis berukuran besar yang berfungsi untuk menyimpan air untuk memenuhi kebutuhan manusia (Rizqyanto, M. A., Noerhayati, E., & Rahmawati, A., 2023). Pembangunan bendungan akan membawa dampak positif dan mempunyai banyak manfaat yang dapat dinikmati masyarakat sekitar seperti adanya persediaan air, pembangkit listrik dan tempat rekreasi (Aprilianda, A., Lubis, M. Z., Permana, A., Pamungkas, S. D., & Adam, M., 2020). Bendungan merupakan bangunan berupa urugan tanah, urugan batu, beton dan pasangan batu yang dibangun untuk menahan dan menampung air, selain itu dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (tailing) dan lumpur (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37, 2010). Bendungan Bagong mempunyai tipe tubuh bendungan urugan zonal dengan inti tegak. Tipe tubuh bendungan urugan zonal dengan inti tegak atau biasa yang disebut bendungan inti tegak (*central-core fill type dam*) yang diartikan sebagai bendungan zonal yang zone kedap airnya terletak di dalam tubuh bendungan dengan kedudukan vertikal biasanya inti tegak tersebut terletak di bidang tengah dari tubuh bendungan.

Penyediaan air bersih oleh sumber air baku dari Sungai Bagong mempunyai permasalahan kuantitas, kualitas dan kontinuitas debit. Berdasarkan kondisi tersebut diatas pembangunan Bendungan Bagong ini sangat diperlukan untuk mengoptimalkan penyediaan kebutuhan air untuk irigasi seluas 977 Ha yaitu suplesi

di Bagong 831 Ha dan peningkatan kapasitas irigasi di Kecamatan Pogalan seluas 146 Ha. Pengelolaan air irigasi beserta pemanfaatannya harus diselenggarakan secara adil dan merata sehingga memberikan manfaat dibidang pertanian. Pengelolaan alokasi air irigasi yang tepat dan efisien dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi pangan (Noerhayati, E dan Rahmawati, A., 2020).

Tahapan perencanaan bendungan urugan merupakan salah satu proses penting dalam tahapan pembangunan bendungan karena dalam tahapan ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan kapasitas kemampuan bendungan sebagai konstruksi bangunan air. Dalam memperoleh konstruksi tubuh bendungan (*maindam*) yang efektif untuk menampung air dan memenuhi syarat keamanan bendungan diperlukan perencanaan hidrologi, perencanaan dimensi, dan analisis stabilitas (Afif, S., Suprpto, B., & Rachmawati, A., 2020). Dalam analisis stabilitas menggunakan metode manual *Fellenius* dan menggunakan aplikasi *GeoStudio* 2022. Dengan program Slope/W dalam aplikasi *Geostudio* 2022 mampu memodelkan kuat geser lereng yang memberikan hasil analisis stabilitas yang sesuai dengan kondisi lapangan.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan dimensi tubuh bendungan menggunakan tipe tubuh bendungan urugan zonal dengan inti miring yang efektif dan memenuhi syarat keamanan bendungan. Tipe tubuh bendungan ini memiliki penutup alami tahan air semi tembus untuk permukaan dan padatan serta inti ketahanan yang membuat bendungan seperti ini tahan terhadap erosi. Serta merencanakan ulang debit banjir rencana dan kapasitas tampungan waduk yang digunakan untuk mendimensi bangunan tubuh bendungan (*maindam*) yang secara teknis layak untuk dibangun sesuai tujuannya untuk mengatasi masalah kekurangan pasokan air baku, air irigasi untuk persawahan. Dalam perencanaan tubuh bendungan (*maindam*) dilakukan analisis stabilitas lereng dan rembesan guna memperoleh *safety factor* sesuai standart yang berlaku untuk meminimalisir kegagalan konstruksi.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Dari hasil studi yang dilakukan sehingga dapat dilakukan identifikasi permasalahan yang harus diatasi di Bendungan Bagong antara lain:

1. Tidak adanya bangunan penahan air terhadap suplai air baku.
2. Menggunakan alternatif perhitungan debit banjir rancangan dengan metode Nakayasu pada lokasi Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek.
3. Menggunakan alternatif tinjauan dimensi tubuh bendungan yang efisien dan layak

dibangun.

4. Tinjauan tipe tubuh bendungan yang direncanakan tipe tubuh bendungan urugan zonal dengan inti miring (*inclined-core fill type dam*) sesuai dengan kondisi topografi dan geologi Kabupaten Trenggalek.
5. Tipe tubuh bendungan urugan zonal dengan inti miring (*inclined-core fill type dam*) dipilih agar tidak terjadi penurunan yang berbeda dengan zona disampingnya.
6. Metode yang digunakan untuk menghitung analisis stabilitas adalah Metode *Fellenius*.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa debit banjir rancangan yang digunakan untuk mendimensi bangunan tubuh bendungan (*maindam*) pada Bendungan Bagong, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur?
2. Berapa kapasitas tampungan bendungan Bendungan Bagong?
3. Bagaimana tipe dan dimensi bangunan tubuh bendungan (*maindam*) pada Bendungan Bagong yang memenuhi persyaratan teknis Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur dengan bangunan penunjangnya?
4. Apakah analisis stabilitas sudah memenuhi syarat bangunan tubuh bendungan (*maindam*) pada Bendungan Bagong, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur?

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui dan mendapatkan nilai besar debit banjir rancangan.
2. Untuk mengetahui dan mendapatkan nilai volume kapasitas tampungan Bendungan Bagong.
3. Untuk mengetahui tipe dan mendapatkan nilai besar dimensi tubuh bendungan (*maindam*).
4. Untuk mengetahui dan mendapatkan nilai analisis stabilitas tubuh bendungan (*maindam*)

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan sumbangan pemikiran dalam perencanaan struktur dimensi tubuh Bendungan Bagong kepada instansi terkait.

2. Dapat dijadikan referensi tambahan untuk Mahasiswa Universitas Islam Malang dalam menyusun tugas akhir yang berkaitan dengan “Perencanaan Dimensi Tubuh Bendungan”.

### 1.6 Batasan Masalah

1. Tidak membahas tentang metode pelaksanaan konstruksi
2. Tidak membahas mengenai bangunan pelimpah (*spillway*)
3. Tidak membahas analisis biaya bendungan (RAB)

### 1.7 Lingkup Pembahasan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam perencanaan ini sebagai berikut :

1. Analisis Hidrologi
  - a. Menghitung besarnya debit banjir rancangan.
2. Analisis hidrolika
  - a. Menghitung besarnya kapasitas tampungan bendungan
3. Menghitung dimensi bendungan yang memenuhi persyaratan teknis.
  - a. Menghitung tinggi jagaan
  - b. Menentukan elevasi puncak bendungan
  - c. Menentukan kemiringan lereng
  - d. Menentukan lebar puncak bendungan
4. Menghitung stabilitas tubuh bendungan
  - a. Analisis stabilitas rembesan
  - b. Analisis stabilitas lereng hulu dan hilir tubuh bendungan saat waduk kosong kondisi normal dan gempa
  - c. Analisis stabilitas lereng hulu dan hilir tubuh bendungan saat waduk muka air normal (MAN) kondisi normal dan gempa
  - d. Analisis stabilitas lereng hulu dan hilir tubuh bendungan saat waduk muka air banjir (MAB) kondisi normal dan gempa



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil perhitungan perencanaan Bendungan Bagong dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya debit banjir rancangan Bendungan Bagong dengan kala ulang 1000 tahun sebesar Inflow =  $772,46 \text{ m}^3/\text{dt}$ , dan Outflow =  $595,74 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Debit banjir rancangan dengan kala ulang PMF sebesar Inflow =  $835,50 \text{ m}^3/\text{dt}$ , dan Outflow =  $642,38 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
2. Volume tampung Bendungan Bagong sebesar  $17.404.100 \text{ m}^3$ , Pada elevasi +325,00 m.
3. Dimensi tubuh bendungan dengan tipe tubuh bendungan urugan zonal dengan inti miring (*inclined-core fill type dam*) yakni tinggi bendungan = 72,33 m dengan elevasi mercu bendungan = +332,33 m, lebar mercu = 12 m, Kemiringan lereng hulu = 1 : 1.9, Dan Kemiringan lereng hilir = 1 : 1.9
4. Dari perhitungan kapasitas rembesan pada tubuh bendungan sebesar  $10,45 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$  dan Q sebesar  $9,03 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Maka syarat Q lebih kecil dari 2% debit inflow rata-rata sungai Bagong yaitu sebesar  $772,46 \text{ m}^3/\text{detik}$ , maka  $2\% \times 772,46 \text{ m}^3/\text{detik} = 15,44 \text{ m}^3/\text{detik} > 10,45 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$  (aman). Dari hasil perhitungan stabilitas bendungan manual metode *Fellenius* dengan factor keamanan kritis di tinjau dalam keadaan normal dan gempa (koefisien gempa modifikasi = 0,177), dapat dilihat sebagai berikut :

Stabilitas lereng hulu pada saat waduk kosong, Normal	= 1,946 > 1,5 (OK)
Stabilitas lereng hulu pada saat waduk kosong, Gempa	= 1,255 > 1,1 (OK)
Stabilitas lereng hulu pada saat waduk MAN, Normal	= 1,786 > 1,5 (OK)
Stabilitas lereng hulu pada saat waduk MAN, Gempa	= 1,191 > 1,1 (OK)
Stabilitas lereng hulu pada saat waduk MAB, Normal	= 1,666 > 1,5 (OK)
Stabilitas lereng hulu pada saat waduk MAB, Gempa	= 1,187 > 1,1 (OK)
Stabilitas lereng hilir pada saat waduk kosong, Normal	= 2,393 > 1,5 (OK)
Stabilitas lereng hilir pada saat waduk kosong, Gempa	= 1,510 > 1,1 (OK)
Stabilitas lereng hilir pada saat waduk MAN, Normal	= 2,278 > 1,5 (OK)
Stabilitas lereng hilir pada saat waduk MAN, Gempa	= 1,351 > 1,1 (OK)
Stabilitas lereng hilir pada saat waduk MAB, Normal	= 2,147 > 1,5 (OK)
Stabilitas lereng hilir pada saat waduk MAB, Gempa	= 1,350 > 1,1 (OK)

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil studi perencanaan Bendungan Bagong ini maka berbagai masukan yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

1. Dalam perhitungan analisis hidrologi dapat menggunakan metode lainnya, seperti Metode Gumbel dan lain-lain.
2. Dalam menentukan stabilitas lereng bendungan dapat juga menggunakan metode Bishop atau metode Janbu.
3. Dalam menentukan stabilitas lereng bendungan dapat menggunakan aplikasi Plaxis V8.6



## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, S., Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2020). Studi Perencanaan Dimensi Tubuh Bendungan Pada Bendungan Randugunting Kabupaten Blora. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8, 186-194.
- Aprilianda, A., Lubis, M. Z., Permana, A., Pamungkas, S. D., & Adam, M. (2020). Survei Penentuan dan Pengontrolan Batas Zona Penyusun Main Dam pada Proyek Bendungan Ladongi Provinsi Sulawesi Tenggara. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 3(2), 95.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). RSNI T-02-2004 Tata Cara Penghitung Hujan Maksimum Boleh Jadi Dengan Metode Hershfield. Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1999a). *Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Vol II (Analisis Hidrologi)*. Direktorat Jenderal Pengairan.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1999b). *Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Vol III (Desain Pondasi & Tubuh Bendungan)*. Direktorat Jenderal Pengairan, Direktorat Bina Teknik.
- Dharmayasa, I. N., Redana, I., & Putra, T. G. (2014). *Analisis keamanan lereng Bendungan Utama pada Bendungan Benel di Kabupaten Jembrana*. Jurnal Spektran.
- H., Diwangkara, I., & Purbawijaya, I. (2016). *Analisis Perencanaan Tubuh Bendungan Antara Tipe Urugan dengan Roller Compacted Concrete Dams (Studi Kasus: Sungai Melangit, Kab. Bangli)*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*.
- Hadisusanto, Nugroho. (2011). *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Media Utama.
- Harto. S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama.
- I. M. Kamiana. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air, Edisi pert.* Yogyakarta : Graha Ilmu
- Imani, F. N. F., Aponno, G., & Suryadi, A. (2021). *Analisis Stabilitas Tubuh Bendungan Pada Bendungan Semantok Kabupaten Nganjuk Provinsi Jawa Timur*. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 2(4), 22-27.
- Kartasapoetra, A.G. (1991) "Teknologi Pengairan Pertanian Irigasi," Jakarta: Bumi Aksara.
- Kementerian PU dan PR. (2016). *Workshop Perencanaan Bendungan Studi Kasus Amdal Bendungan Bagong*. Banjarmasin.

- Lontoh, R. J., Manoppo, F. J., & Sompie, O. B. (2020). Analisa kestabilan bendungan lolak 1. 8, 221–226.
- Noerhayati, E., dan Rahmawati, A. (2020). *Model Irigasi Sprinkler dengan Apikasi Hec-ras*. CV. Ampuh Multi Rejeki.
- Ramadani, A., Warsito & Rahmawati, A. (2020). Studi Perencanaan Dimensi Tubuh Bendungan Pada Bendungan Logung Kabupaten Kudus. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 08, 52-64
- Rizqyanto, M. A., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. (2023). Analisis Keruntuhan Bendungan Bagong Trenggalek Dengan Aplikasi HEC-RAS. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13, 110–118.
- Sameth, R. A., Noerhayati, E., & Rokhmawati, A. (2022). Studi Alternatif Bangunan Pelimpah (Spillway) Bendungan Jlantah Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Rekayasa Sipil*.
- Sani, Asrul. (2008) “Analisis Kapasitas Waduk dengan Metode Ripple dan Behaviour,” Studi Kasus Pada Waduk Mamak Sumbawa. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sisinggih, D., Wahyuni, S., & Hidayat, F. (2021). *Sedimentasi Waduk*. Malang: UB Press.
- Soediby. (2003). *Teknik Bendungan*. Pradnya Paramita.
- Soemarto C.D. (1999). *Hidrologi Teknik (Edisi Kedua)*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K. (1980). *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional.Surabaya
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K. (2002). Bendungan Type Urugan (Dump Type Dam) *Jakarta: Erlangga*.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K. (2016). *Bendungan Type urugan*. Balai Pustaka.
- Suripin. (2003). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi.
- Triatmodjo. B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset