

# MODEL OPERASI WADUK UNTUK BENDUNGAN URUGAN DI NTB

Ery Setiawan\*, Sasmito, Heri Sulistiyono, Syamsul Hidayat  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram  
Jalan Majapahit No 62 Mataram, Lombok, Indonesia, 83125

\*Corresponding Author Email: [ery.setiawan@unram.ac.id](mailto:ery.setiawan@unram.ac.id)

---

## ABSTRAK.

Operasi waduk adalah serangkaian kegiatan pengaturan air waduk sesuai dengan prosedur operasi yang telah ditetapkan. Pengelolaan yang terdiri dari operasi, pemeliharaan dan pemantauan bendungan harus dipenuhi untuk meminimalisasi risiko kegagalan bendungan. Manfaat penelitian adalah dapat mendukung operasi dan pemeliharaan waduk dalam rangka mendukung ketahanan pangan di NTB. Metode penelitian dengan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi operasional waduk selain akibat banjir. Variabel berpengaruh seperti: kebutuhan air, *inflow*, *outflow*, penampang sungai dan karakteristik aliran serta semua obyek terkait *inflow-outflow* akan dianalisis dalam penyusunan model operasi waduk. Persamaan analisis yang digunakan adalah persamaan kebutuhan air, ketersediaan air, debit andalan serta simulasi neraca air (*water balance*). Hasil analisis, baik di bendungan Batujai maupun Batu Bulan memberikan model operasi saat kondisi tahun normal dan basah masih di atas zona kritis, sehingga pemenuhan kebutuhan air ke daerah irigasi mendekati maksimal dan pengeluaran air baku sesuai kebutuhan. Operasi waduk saat kondisi tahun kering di Batujai memiliki kemiripan *trend* seperti saat kondisi tahun normal, sedangkan di Batu Bulan awal MT-I berada di bawah zona kritis, sehingga perlu dilakukan penyesuaian terhadap faktor  $K < 1$ .

---

**Keyword:** operasional waduk, zona tampungan, zona kritis, faktor K.

## 1. PENDAHULUAN

Bendungan dibangun untuk menampung air sehingga dapat bermanfaat, untuk kehidupan manusia seperti irigasi, air baku, pembangkit listrik, pengendalian banjir dan pariwisata [9], [10]. Disamping memiliki manfaat yang besar bendungan juga memiliki potensi bahaya yang besar. Operasi waduk adalah serangkaian kegiatan pengaturan air waduk sesuai dengan prosedur operasi yang telah ditetapkan. Maksud operasi waduk adalah kegiatan yang meliputi pengoperasian waduk serta bangunan pendukungnya dalam rangka pengaturan air dan pemeliharaan waduk sesuai periode umurnya, guna menjamin terpenuhinya fungsi waduk dalam pemenuhan kebutuhan air di hilir, pengendalian banjir, dan pengamanan bendungan pada keadaan darurat atau luar biasa [1], [8]. Pengoperasian waduk untuk melayani kebutuhan air irigasi maupun kebutuhan air lainnya seringkali dihadapkan pada kendala ketersediaan air yang relatif terbatas, terlebih pada tahun kering, sedangkan pada kondisi banjir diperlukan operasi kesiapsiagaan darurat banjir, sehingga diperlukan model operasi yang tepat.

Pembangunan bendungan urugan di Indonesia saat ini sudah sangat berkembang khususnya di Provinsi NTB. Sebelas bendungan urugan sudah dibangun di NTB yaitu 3 buah bendungan berada di Pulau Lombok dan 8 buah bendungan di Pulau Sumbawa. Salah satu bendungan besar di Pulau Lombok yaitu Bendungan Batujai merupakan bendungan urugan tertua di NTB yang dibangun pada tahun 1977-1982. Lokasi

bendungan ini terletak di Sungai Penujak yang berada di DAS Dodokan. Sedangkan Bendungan Batu Bulan merupakan bendungan urugan terbesar di Pulau Sumbawa yang dibangun pada tahun 1999-2003, terletak di pertemuan Sungai Lito dan Sebasang (Rea) di Desa Maman, Kecamatan Moyo Hulu, Kabupaten Sumbawa tepatnya di DAS Moyo. Kedua bendungan tersebut merupakan bendungan vital untuk peningkatan perekonomian masyarakat NTB.

Tujuan penelitian yaitu menentukan dan merekomendasikan model kurva aturan operasi waduk untuk pemenuhan kebutuhan air pada bendungan urugan yang bersifat mudah dipahami dan diaplikasikan oleh para petugas bendungan. Manfaat praktis lainnya adalah dapat mendukung sistem operasi dan pemeliharaan waduk dalam mendukung ketahanan pangan di NTB.

## 2. METODE

### Data Pendukung

Data pendukung terdiri dari: data sekunder berupa data inflow waduk dan data iklim, data teknis bendungan berupa data lengkung kapasitas (Gambar 1) dan data bangunan utama (Gambar 2) untuk masing-masing bendungan sebagai berikut:

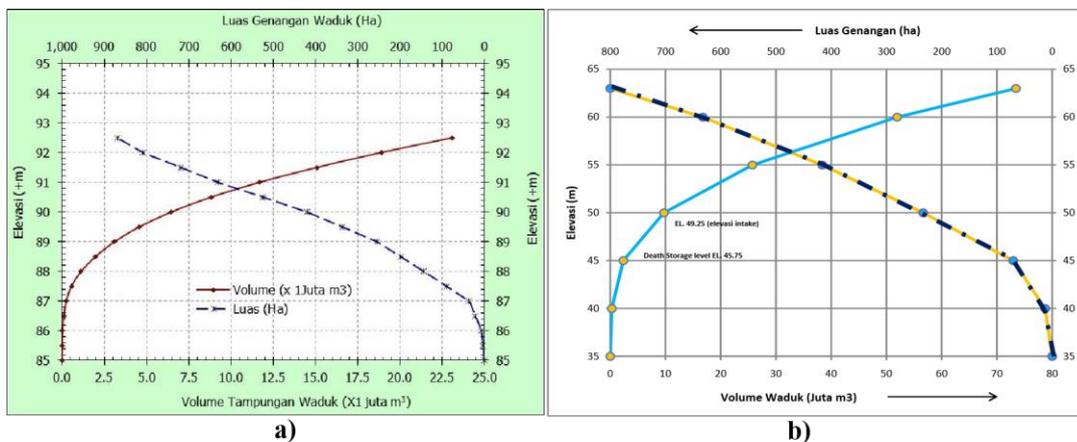
#### 1). Data bendungan Batujai

Luas daerah aliran sungai	: 135,53 km <sup>2</sup>
Muka air tertinggi (MAT)	: EL. + 92.50 m
Muka air terendah (MAR)	: EL. + 87.00 m
Kapasitas waduk brutto	: 18.2 juta m <sup>3</sup>
Kapasitas waduk efektif	: 10.8 juta m <sup>3</sup>
Tipe bendungan	: Urugan tanah zonal
Elevasi puncak	: EL. + 94.00 m
Tinggi bendungan	: 16.m
Panjang bendungan	: 1.100 m
Lebar puncak bendungan	: 8 m
Tipe pelimpah	: vertical ogee dengan pintu
Lebar pelimpah	: 4 x 11,00 m
Elevasi puncak ambang	: EL. + 89.00 m
Elevasi dasar sungai	: EL. + 78,00 m
Tipe pintu	: roller gate
Ukuran pintu	: 4 x 3,50 m x 11,00 m
Elevasi dasar pengambilan	: EL. + 85,00 m
Ukuran	: Bujur sangkar 1 x 1 m
Kapasitas	: 3,50 m <sup>3</sup> /dt
Luas daerah irigasi	: 3000 Ha

#### 2). Data bendungan Batu Bulan

Luas daerah aliran sungai (DAS)	: 194,00 km <sup>2</sup>
Muka air normal	: + 60,00 m
Muka air operasional	: + 50,00 m
Tampungan kotor	: 53,60 MCM
Tampungan netto	: 48,60 MCM
Tipe bendungan	: Urugan batu (inti tengah)
Tinggi maksimum	: 37,00 m
Elevasi mercu	: + 65,50 m
Lebar puncak	: 10,00 m

Tipe mercu	: Ogee tanpa pintu
Elevasi mercu	: + 60,00 m
Lebar pelimpah	: 60,00 m
Tipe stilling basin	: USBR Type II
Elevasi dasar pengambilan-1	: EL. + 49,25 m
Ukuran	: Bujur sangkar 1,5 x 3 m (2 buah)
Kapasitas	: 4,27 m <sup>3</sup> /dt
Luas daerah irigasi	: 3.095 Ha
Elevasi dasar pengambilan-2	: EL. + 45,75 m
Ukuran	: Bujur sangkar 2 x 4,3 m (1 buah)
Kapasitas	: 3,48 m <sup>3</sup> /dt
Luas daerah irigasi	: 2.482 Ha (Luas total 5.577 Ha).



Gambar 1. Kurva lengkung kapasitas bendungan Batujai (a) dan Batu Bulan (b).



Gambar 2. Bendungan urugan Batujai (a) dan Batu Bulan (b).

### Metode penelitian

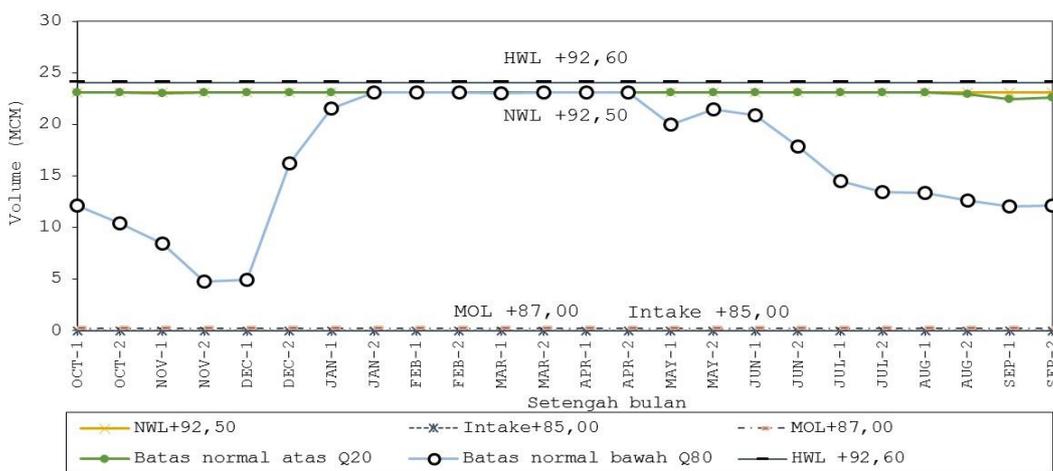
Metode pelaksanaan penelitian dengan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi operasional pintu pelimpah selain akibat banjir. Variabel berpengaruh seperti: kebutuhan air, inflow, outflow, penampang sungai dan karakteristik aliran serta semua obyek terkait inflowoutflow akan dianalisis dalam penyusunan model operasi waduk. Model disusun dengan cara investigasi survey pendataan di lapangan dan didukung penggunaan data sekunder. Persamaan analisis yang digunakan adalah

persamaan kebutuhan air, ketersediaan air, debit andalan serta simulasi neraca air (*water balance*).

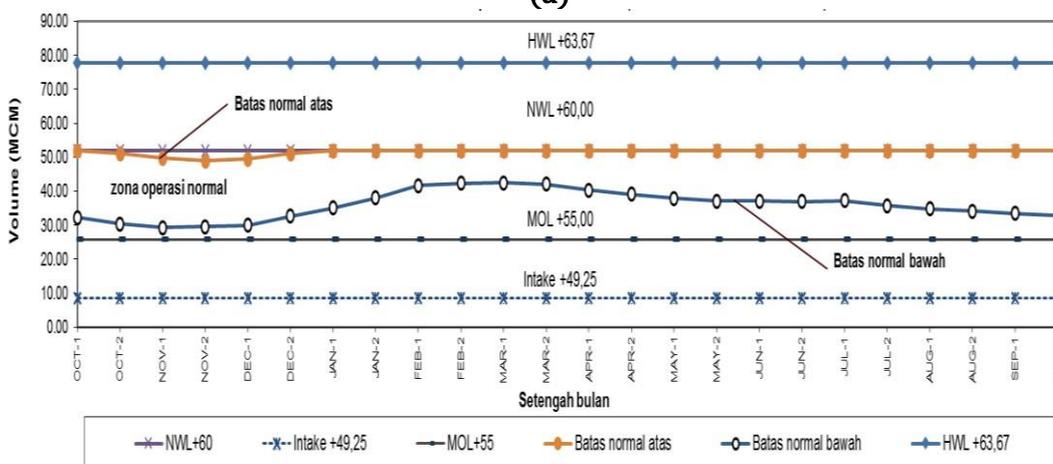
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Kurva aturan operasi waduk Batujai

Aturan operasi waduk dalam penelitian ini mendiskripsikan model kurva operasi waduk untuk pemenuhan kebutuhan air dengan mempertimbangkan *inflow*, *outflow*, zona tampungan dan hal lain terkait operasi waduk (Gambar 3). *Outflow* mempertimbangkan pola dan intensitas tanam eksisting selama 5 tahun terakhir dari intensitas terkait, yaitu : MT (masa tanam) I tanaman padi, MT II tanaman padi dan palawija serta MT III tanaman palawija, serta pengambilan lain, misal air baku dan/atau PLTA [2], [3]. Kurva aturan dibuat dengan mempertimbangkan kecenderungan (*trend*) *inflow* ke waduk, baik pada tahun normal, tahun kering maupun tahun basah. Kurva batas normal atas dianalisis berdasarkan simulasi *water balance* mempertimbangkan kondisi tahun basah (Q-andalan 20%) dengan penggunaan faktor K=1 pada semua MT. Sedangkan kurva batas normal bawah mempertimbangkan kondisi tahun kering (Q-andalan 80%) dengan penyesuaian terhadap ketersediaan air pada zona kritis (zona dimana kurva batas normal bawah berada dibawah elevasi muka air minimal operasi/MOL) (Gambar 4b). Pada kondisi ini perlu dilakukan penyesuaian terhadap faktor K<1.



(a)



(b)

Gambar 3. Model kurva operasi waduk Batujai (a) dan Batu Bulan (b).

## Kurva aturan untuk rencana tahunan operasi waduk

### 1. Kondisi tahun normal

Pada semua masa tanam (MT-I, MT-II dan MT-III), kurva menunjukkan pemenuhan kebutuhan air ke sistem jaringan irigasi hampir/mendekati maksimal (dapat terlayani) dan pengeluaran air baku adalah sesuai kebutuhan (Gambar 4).

### 2. Kondisi tahun basah

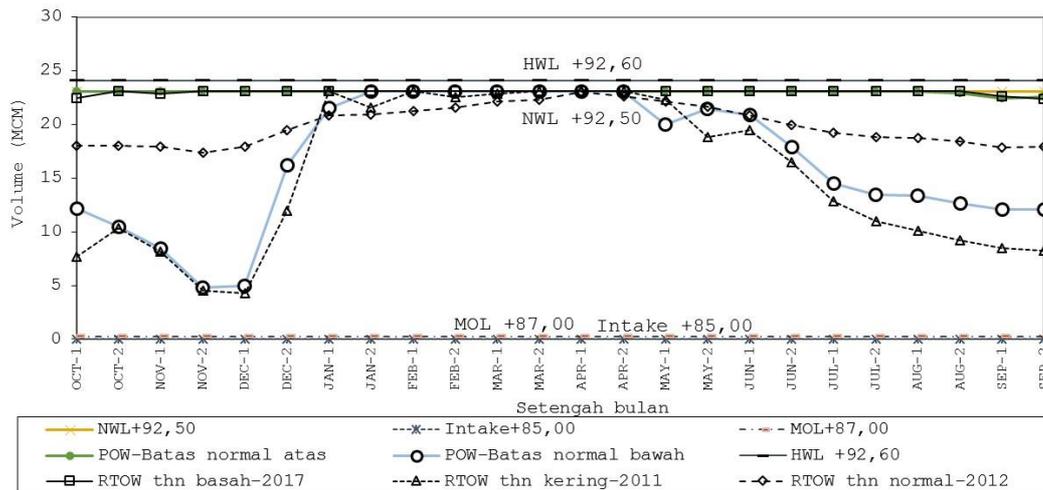
Jika elevasi muka air di antara elevasi NWL (*normal water level*) dan HWL (*high water level*), karena batas atas kurva waduk adalah elevasi mercu pelimpah (NWL), maka dengan sendirinya debit akan melimpah sehingga muka air tetap dipertahankan pada elevasi mercu pelimpah. Sedangkan pengeluaran air untuk pemenuhan kebutuhan air mendekati maksimal (dapat terlayani) (Gambar 4).

### 3. Kondisi tahun kering

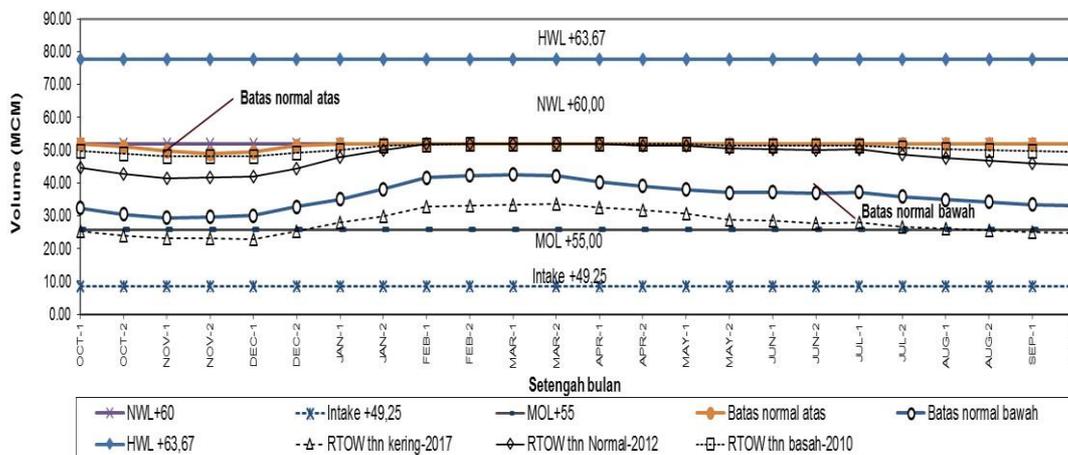
Pada MT-I terjadi penurunan karena waduk kosong dan *inflow* kecil menunjukkan grafik pemenuhan kebutuhan yang naik turun (*fluktuatif*) cukup signifikan, ini terlihat elevasi muka air berada pada zona kritis (berada di bawah elevasi MOL), maka penggunaan air menyesuaikan terhadap ketersediaan air untuk MT-I tersebut, sedangkan pengeluaran untuk air baku tetap terlayani maksimal sesuai kebutuhan. Namun jika pada kondisi ini elevasi muka air waduk berada di bawah MOL sampai dengan batas normal bawah, maka penggunaan faktor K menyesuaikan terhadap ketersediaan air (K dapat bernilai kurang dari 0,6) untuk MT-III. Pada kondisi ini, elevasi muka air waduk cenderung akan berada pada posisi elevasi batas normal bawah. Jika elevasi muka air berada di zona kritis, yaitu zona dimana kurva batas normal bawah berada dibawah elevasi muka air minimal operasi/MOL), maka perlu dilakukan penyesuaian terhadap faktor  $K < 1$  (Gambar 4b). Jika elevasi batas normal bawah muka air waduk mendekati dan/atau tepat berada pada elevasi *dead storage* (DS) atau dasar *intake*, maka otomatis pemberian air dihentikan untuk semua pintu pengambilan/intake [6], [7].

Pada kasus Bendungan Batu Bulan, pada kondisi tahun kering, saat awal masa tanam (MT) I, elevasi muka air berada pada zona kritis selama 2,5 bulan (Gambar 4b). Hal ini terjadi dikarenakan 2 faktor. Faktor pertama peralihan dari akhir musim kemarau menuju awal musim hujan, dimana elevasi akumulasi air tampungan waduk sudah mendekati MOL, sedangkan operasi waduk tetap memberikan layanan kebutuhan palawija di masa tanam tersebut. Faktor kedua kondisi klimatologis Pulau Sumbawa lebih kering dengan jumlah hujan tahunannya yang lebih kecil dibandingkan Pulau Lombok. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4a, kurva aturan rencana operasi waduk Batujai pada kondisi tahun kering masih di atas zona kritis.

Pada saat kondisi tahun kering, sebaiknya pengambilan air waduk sebisa mungkin menghindari kondisi *rapid draw down* (kondisi penurunan muka air secara tiba-tiba dari elevasi muka air normal sampai dengan elevasi *dead storage*), karena akan mengurangi stabilitas dan keamanan bendungan. Sedangkan untuk menjaga stabilitas dan keamanan tubuh bendungan utama (pada *main dam*), maka air di dalam tampungan waduk tidak diperbolehkan dalam kondisi kosong, karena akan mengurangi stabilitas dan keamanan bendungan [4], [5].



(a)



(b)

Gambar 4. Kurva rencana tahunan operasi waduk Batujai (a) dan Batu Bulan (b).

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisis, baik di bendungan Batujai maupun Batu Bulan memberikan model operasi pada kondisi tahun normal dan basah masih di atas zona kritis, sehingga pemenuhan kebutuhan air ke daerah irigasi mendekati maksimal (terlayani) dan pengeluaran air baku sesuai kebutuhan. Operasi waduk saat kondisi tahun kering di Batujai memiliki kemiripan *trend* seperti saat kondisi tahun normal, sedangkan di Batu Bulan awal MT-I berada di bawah zona kritis, sehingga perlu dilakukan penyesuaian terhadap faktor  $K < 1$ .

b) Saran  
Implementasi yang dilakukan harus mempertimbangkan kondisi operasional eksisting di lapangan, oleh karena itu perlu beberapa koreksi dan penyesuaian di lapangan karena faktor-faktor iklim dan fenomena alam lain yang belum diantisipasi dalam analisis dan hitungan. Untuk lokasi kasus bendungan di tempat lain, akan memberikan model operasi waduk yang berbeda pula, disebabkan karena komponen parameter input yang berbeda juga (topografi, kurva lengkung kapasitas, kebutuhan air, *inflow* dan *outflow* waduk), sehingga perlu dilakukan analisis dan penyusunan kurva aturan model operasi waduk tersendiri.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada LPPM Universitas Mataram yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah internal dana PNPB Universitas Mataram tahun 2022 skema penelitian peningkatan kapasitas (PPK).

## 5. DAFTAR REFERENSI

1. Anonim, 2015, *Permen PUPR No.: 15/PRT/M/2015 tentang pengelolaan bendungan*.
2. Dinia Anggraheni, Rachmad Jayadi, dan Istiarto, Evaluasi Kinerja Pola Operasi Waduk (POW) Wonogiri 2014, *Jurnal Teknisia*, Volume XXII, No. 1, Mei 2017, ISSN 0853-8557, hal. 294-306.
3. Ira Mulyawati<sup>1</sup>, Ibnu Fazhar, 2020, Simulasi Optimasi Pola Operasi Waduk Jatigede, *Jurnal SEOI – Fakultas Teknik Universitas Sahid Jakarta*, Vol 2 edisi 1 tahun 2020.
4. Krit Sriworamas, Anongrit Kangrang, Teerawat Thongwan, and Haris Prasanchum, 2021, Optimal Reservoir of Small Reservoirs by Optimization Techniques on Reservoir Simulation Model, *Hindawi-Advances in Civil Engineering*, Volume 2021, Article ID 6625743.
5. Luqman S. Othman, Hekmat M. Ibrahim, 2017, Simulation-Optimization Model For Docan Reservoir System Operation, *Sulaimani Journal for Engineering Sciences*, Volume 4 - Number 5 – 2017, pp 7-25.
6. M. Yura Kafiansyah, Widandi Soetopo, Jafan Sidqi Fidari, 2017, Simulasi Pola Operasi Waduk Pandanduri Dengan Optimasi Faktor K Irigasi, Tugas akhir Jurusan Teknik Pengairan UB.
7. Rachma Farida M., Sih Andajani, Simulasi Pola Operasi Waduk Leuwikeris Jawa Barat, *Prosiding Seminar Intelektual Muda FTSP, Universitas Trisakti*, 11 April 2019, ISBN : 978-623-91368-0-2, hal:199-204.
8. Soetopo, W. 2010, *Operasi Waduk Tunggal*, Malang : Penerbit Citra Malang.
9. Sodiby, 1988., *Teknik Bendungan*, Jakarta: Pradnya Paramita.
10. Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 1989, *Bendungan Type Urugan*, Jakarta: Pradnya Paramita.