

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH OPERASI PLTA TERHADAP POLA OPERASI  
WADUK BILI-BILI**

***THE EFFECT OF HYDROPOWER OPERATIONS ON BILI-  
BILI DAM OPERATING PATTERN***

**RIZAL  
D111 16 031**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2020**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan  
☎ <http://civil.unhas.ac.id> ✉ [civil@eng.unhas.ac.id](mailto:civil@eng.unhas.ac.id)

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**PENGARUH OPERASI PLTA TERHADAP POLA OPERASI  
WADUK BILI - BILI**

Disusun oleh

**RIZAL**

**D111 16 031**

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. H. M. Saleh Pallu, M.Eng  
NIP: 195409101983031003

Dr. Eng. Bambang Bakri, ST, MT  
NIP: 198104252008121001

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Sipil

Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, MEng  
NIP: 196805292001121002



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Rizal, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Pengaruh Operasi PLTA Terhadap Pola Operasi Waduk Bili-Bili**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 01 Oktober 2020

Yang membuat  
pernyataan,



Rizal  
NIM: D111 16 031

## KATA PENGANTAR

Bismillah, Segala Puji dan Syukur ke hadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, atas limpahan rahmat, karunia dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini untuk memenuhi persyaratan kelulusan Program Studi Strata-1 pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik di Universitas Hasanuddin.

Penulis merasa bahwa dalam menyusun laporan ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Menyadari penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,
2. Ibu Minasari, SE, selaku Kepala Sekretariat Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Saleh Pallu, M.Eng, selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan arahan dan saran positif dalam penyelesaian tugas akhir ini,
4. Bapak Dr.Eng. Ir. Bambang Bakri, ST, MT, selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan masukan dan *support* dalam penyelesaian tugas akhir ini,
5. Seluruh staf pengajar Universitas Hasanuddin khususnya staf pengajar Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik yang selalu memberikan materi - materi perkuliahan kepada penulis,

6. Ibu, Ayah, Kakak, dan Adik-Adik tercinta yang selalu menjadi tumpuan harapan, semangat, usaha dan kerja keras penulis,
7. Teman - teman Angkatan 2016 yang telah menjadi bagian dari proses perkuliahan penulis selama di-kampus.

Akhir kata, semoga Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* senantiasa melimpahkan karunia-Nya, membalas segala amal budi serta kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini dan semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja.

Makassar, 01 Oktober 2020

Rizal

## PENGARUH OPERASI PLTA TERHADAP POLA OPERASI WADUK BILI-BILI

Rizal<sup>1)</sup>, M. Saleh Pallu<sup>2)</sup>, Bambang Bakri<sup>2)</sup>.

<sup>1</sup>*Mahasiswa Program Strata-I (S1) Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Kampus Unhas Gowa, Jalan Poros Malino Gowa, email: [rizalsardi.eng@outlook.com](mailto:rizalsardi.eng@outlook.com)*

<sup>2</sup>*Dosen Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin Kampus Unhas Gowa, Jalan Poros Malino Gowa, email: [bambangbakri@gmail.com](mailto:bambangbakri@gmail.com)*

**ABSTRAK:** Waduk Bili-bili adalah Waduk terbesar di Sulawesi-Selatan memiliki kapasitas tampungan maksimum sebesar 243,39 juta m<sup>3</sup>/det. Manfaat utama dari Waduk Bili-bili adalah untuk irigasi, air baku dan pembangkit listrik. Kebutuhan akan energi listrik yang semakin meningkat tiap tahun harus diimbangi dengan ketersediaan pasokan tenaga listrik yang berkelanjutan. Optimalisasi operasi PLTA perlu untuk dilakukan mengingat daya yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air dan operasi Waduk, jika ketersediaan air tidak dapat memenuhi kebutuhan operasi yang dimaksud maka dapat dicari solusinya bagaimana kebutuhan tersebut tetap harus dipenuhi. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu kajian untuk melihat pengaruh operasi PLTA terhadap pola operasi Waduk agar tercapai operasi Waduk yang optimal. Perhitungan ketersediaan air Sungai Jeneberang menunjukkan bahwa debit air yang tersedia pada tahun kering dapat memenuhi total kebutuhan outflow Waduk dengan IT.230%, pada tahun normal dengan IT.270% dan pada tahun basah dengan IT.300%. Berdasarkan hasil simulasi waduk diperoleh bahwa operasi PLTA dapat berjalan optimal pada tahun kering dengan total penambahan debit sebesar 158,92 m<sup>3</sup>/det, kemudian pada tahun normal total penambahan debit sebesar 272,74 m<sup>3</sup>/det, sementara pada tahun basah total penambahan debit sebesar 325,29 m<sup>3</sup>/det.

**Kata Kunci:** *Waduk Bili-bili, pola operasi waduk, simulasi, ketersediaan air.*

# THE EFFECT OF HYDROPOWER OPERATIONS ON BILI – BILI DAM OPERATING PATTERN

Rizal<sup>1)</sup>, M. Saleh Pallu<sup>2)</sup>, Bambang Bakri<sup>2)</sup>.

<sup>1</sup>*Mahasiswa Program Strata-1 (S1) Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Kampus Unhas Gowa, Jalan Poros Malino Gowa, email: [rizalsardi.eng@outlook.com](mailto:rizalsardi.eng@outlook.com)*

<sup>2</sup>*Dosen Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin Kampus Unhas Gowa, Jalan Poros Malino Gowa, email: [bambangbakri@gmail.com](mailto:bambangbakri@gmail.com)*

**ABSTRACT :** Bili-bili Reservoir is the largest reservoir in South Sulawesi has a maximum landfill capacity of 243.39 million m<sup>3</sup>/det. The main benefits of Bili-bili Reservoir are for irrigation, raw water and power generation. The increasing need for electricity every year must be balanced by the availability of a sustainable electricity supply. Optimization of hydropower operations needs to be done considering the power generated is strongly influenced by the availability of water and reservoir operations, if the availability of water can not meet the needs of the operation in question then it can be sought solutions how those needs still have to be met. Therefore, it is necessary to conduct a study to see the effect of hydropower operations on reservoir operating patterns in order to achieve optimal reservoir operation. Calculation of water availability of Jeneberang River shows that the discharge of water available in dry years can meet the total outflow needs of reservoirs with IT.230%, in a normal year with IT.270% and in wet years with IT.300%. Based on the results of reservoir simulation obtained that hydropower operations can run optimally in the dry year with a total additional discharge of 158.92 m<sup>3</sup>/det, then in the normal year the total addition of discharge of 272.74 m<sup>3</sup> /det, while in wet years the total addition of discharge of 325.29 m<sup>3</sup>/det.

**Keywords:** *Bili-bili Reservoir, Reservoir Operating Pattern, Simulation, Water Balance.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan.....	3
1.4 Ruang Lingkup Pembahasan .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Debit Andalan.....	5
2.2 Kebutuhan Air Irigasi .....	7
2.2.1 Kebutuhan Air di Sawah Untuk Padi.....	7
2.2.2 Kebutuhan Air di Sawah Untuk Palawija.....	13
2.2.3 Kebutuhan Air di Sawah Untuk Pengambilan Intake.....	14
2.3 Pola Operasi Waduk.....	16
2.3.1 Klasifikasi Waduk.....	16
2.3.2 Inflow (Masukan Air) Waduk.....	16
2.3.3 Outflow (Keluaran Air) Waduk .....	17
2.3.4 Prakiraan Sedimentasi .....	17
2.3.5 Pola Operasi Waduk.....	18
2.3.6 Pendekatan Dalam Pola Operasi Waduk.....	18
2.4 Keseimbangan Air .....	19



2.5	Data Teknis Bendungan Bili-bili.....	20
2.5.1	Umum.....	20
2.5.2	Hidrologi.....	20
2.5.3	Bendungan.....	20
2.5.4	Waduk.....	21
2.5.5	Bangunan Pelimpah.....	22
2.5.6	Bangunan Pengambilan.....	22
2.5.7	Gambaran Umum Bangunan Pengeluaran (Outlet Works) .....	23
2.6	Gambaran Umum PLTA Bili-Bili .....	30
2.6.1	Sejarah Singkat Pusat Listrik Bili-bili.....	30
2.6.2	Data Teknis Peralatan.....	31
2.6.3	Pola Operasi Pusat Listrik Bili-bili.....	32
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	33
3.1	Gambaran Umum Objek Kajian.....	33
3.1.1	Lokasi Objek Kajian.....	33
3.1.2	Daerah Aliran Sungai.....	34
3.2	Pengumpulan Data.....	34
3.3	Teknik Pengolahan Data .....	35
3.3.1	Model Kombinasi Pola Tanam .....	36
3.3.2	Bagan Alir.....	37
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	38
4.1	Ketersediaan Air.....	38
4.1.1	Data Debit Harian Sungai.....	38
4.1.2	Analisis Debit.....	38
4.2	Kebutuhan Air .....	40
4.2.1	Irigasi Rencana.....	41
4.2.2	Parameter Perhitungan Kebutuhan.....	41
4.2.3	Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi.....	52
4.2.4	Kebutuhan Air Baku, Industri dan Pemeliharaan Sungai.....	57
4.2.5	Kebutuhan Operasi PLTA.....	57
4.2.6	Kehilangan Air Akibat Evaporasi dan Rembesan.....	57
4.3	Pola Operasi Waduk .....	58

4.3.1 Kapasitas Tampungan Waduk .....	58
4.3.2 Tampungan Aktif .....	61
4.3.3 Skema Alokasi Air Waduk.....	61
4.3.4 Simulasi Operasi Waduk.....	63
4.3.5 Hubungan Tinggi Jatuh dan Debit Untuk Operasi PLTA.....	71
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	74
5.1 Kesimpulan .....	74
5.2 Saran .....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	75
Lampiran	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik Pengendapan Sedimentasi di Waduk .....	17
Gambar 2.2 Denah Umum Bendungan Bili-bili.....	23
Gambar 2.3 Potongan Melintang Bendungan Bili-bili (Main Dam).....	24
Gambar 2.4 Bangunan Pengambilan Untuk Survey Air Baku .....	25
Gambar 2.5 Pintu Regulator Pada Pelimpah .....	26
Gambar 2.6 Detail Pintu Regulator Pada Pelimpah .....	27
Gambar 2.7 Bangunan Pengeluaran .....	28
Gambar 2.8 Lokasi Pusat Listrik Bili-bili .....	29
Gambar 3.1 Lokasi Objek Kajian .....	32
Gambar 3.2 Peta DAS Waduk Bili-bili .....	33
Gambar 3.3 Bagan Alir Kajian .....	36
Gambar 4.1 Grafik Debit Inflow Waduk Bili-bili.....	39
Gambar 4.2 DAS Jeneberang Hulu .....	46
Gambar 4.3 Daerah Pengaruh Stasiun Curah Hujan .....	46
Gambar 4.4 Sistem Golongan Pola Tanam .....	51
Gambar 4.5 Grafik Persamaan Elevasi Vs Volume.....	57
Gambar 4.6 Grafik Persamaan Elevasi Vs Luas .....	59
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Elevasi Dengan Luas Dan Volume Waduk.....	60
Gambar 4.8 Skema Alokasi Air Waduk Bili-bili.....	62
Gambar 4.9 Grafik Neraca Air Operasi PLTA Bili-bili Pada Tahun Kering.....	64
Gambar 4.10 Grafik Neraca Air Waduk Bili-bili Dengan IT.200%.....	64
Gambar 4.11 Grafik Neraca Air Operasi PLTA Bili-bili Pada Tahun Normal.....	67
Gambar 4.12 Grafik Neraca Air Waduk Bili-bili Dengan IT. 250%.....	67

Gambar 4.13 Grafik Neraca Air Operasi PLTA Bili-bili	
Pada Tahun Basah .....	70
Gambar 4.14 Grafik Neraca Air Waduk Bili-bili	
Dengan IT.300%.....	70
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Tinggi Jatuh Dengan Debit	
Untuk Operasi PLTA Pada Tahun Kering .....	72
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Tinggi Jatuh Dengan Debit	
Untuk Operasi PLTA Pada Tahun Normal .....	73
Gambar 4.17 Grafik Hubungan Tinggi Jatuh Dengan Debit	
Untuk Operasi PLTA Pada Tahun Basah.....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Debit Andalan .....	5
Tabel 2.2 Harga-harga Koefisien Tanaman Padi .....	11
Tabel 2.3 Harga-harga Koefisien Untuk Diterapkan Dengan Metode Perhitungan Evapotranspirasi FAO .....	14
Tabel 3.1 Pengumpulan Data .....	34
Tabel 3.2 Alternatif Jenis Tanam (ALT).....	36
Tabel 3.3 Musim Tanam (MT).....	36
Tabel 3.4 Model Kombinasi .....	36
Tabel 4.1 Probabilitas Debit Inflow Waduk Bili-Bili .....	39
Tabel 4.2 Data Klimatologi Rata-Rata Bulanan.....	42
Tabel 4.3 Besaran Angka Radiasi Gel.Pendek (Ra) (mm/hari) Untuk Daerah Indonesia, antara 5-uo LU sampai 10-uo LS ....	42
Tabel 4.4 Hubungan Antara Suhu (t) dengan nilai ea (mbar) w dan f(t) ...	43
Tabel 4.5 Besaran Angka Koreksi (c) Bulanan Penman .....	43
Tabel 4.6 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial, Eto. Metode Penman-Modifikasi.....	44
Tabel 4.7 Perhitungan Kebutuhan Penyiapan Lahan, Pd.....	44
Tabel 4.8 Data Curah Hujan Rata-Rata Tengah Bulanan Stasiun Bili-Bili, Jonggoa dan Malino I .....	45
Tabel 4.9 Luas Daerah Pengaruh Stasiun Curah Hujan .....	47
Tabel 4.10 Perhitungan Curah Hujan Daerah .....	48
Tabel 4.11 Perhitungan Curah Hujan Efektif .....	51
Tabel 4.12 Kebutuhan Irigasi ALT1 – MT1, Padi-Padi-Palawija/ Des-I, Golongan a.....	53
Tabel 4.13 Kebutuhan Irigasi ALT1 – MT1, Padi-Padi-Palawija/ Des-I, Golongan b.....	54
Tabel 4.14 Kebutuhan Irigasi ALT1 – MT1, Padi-Padi-Palawija/ Des-I, Golongan c.....	55

Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi	
Rencana Dengan IT.300% .....	56
Tabel 4.16 Kebutuhan Air Baku, Industri dan Pemeliharaan Sungai .....	57
Tabel 4.17 Kebutuhan Operasi PLTA .....	57
Tabel 4.18 Hubungan Elevasi, Luas dan Volume Waduk .....	58
Tabel 4.19 Simulasi Operasi Waduk Pada Tahun Kering, Q80 .....	63
Tabel 4.20 Simulasi Operasi Waduk Pada Tahun Normal, Q50 .....	66
Tabel 4.21 Simulasi Operasi Waduk Pada Tahun Basah, Q25 .....	69

# **BAB 1. PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Indonesia memiliki potensi sumber daya air yang melimpah, termasuk ke dalam lima terbesar di dunia dengan jumlah air 3.200 miliar m<sup>3</sup>/tahun yang tersebar dalam 7.956 sungai dan 521 danau, namun ketersediaannya bervariasi antar wilayah dan antar waktu, sehingga pada wilayah tertentu sering terjadi kekurangan air atau sebaliknya (Hasan, 2012). Potensi SDA tersebut belum dapat dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk penyediaan air bagi beberapa keperluan, seperti penyediaan air irigasi, air baku untuk rumah tangga, perkotaan dan industri serta penyediaan untuk pembangkit energi listrik. Secara umum, total ketersediaan air baru dimanfaatkan sekitar 25% yakni untuk penyediaan irigasi, air baku untuk rumah tangga, perkotaan, dan industri (Kirmanto, 2012).

Pada bidang pertanian/irigasi, air merupakan faktor utama penentu kelangsungan produksi pertanian, namun pengelolaannya untuk menjamin keberlanjutan sumber daya air masih menghadapi banyak kendala baik pada skala daerah irigasi maupun daerah aliran sungai (DAS). Kendala yang sering dihadapi antara lain kelangkaan air, kekeringan dan banjir serta persaingan penggunaan air untuk berbagai kepentingan. Beberapa upaya yang telah dilakukan untuk menghadapi kendala tersebut antara lain mengembangkan teknologi panen air dengan mengkuantifikasi ketersediaan dan kebutuhan air untuk mengantisipasi kelangkaan air, kekeringan dan banjir (Heryani, 2013) serta melakukan analisis proporsi penggunaan air untuk kebutuhan industri, pertanian dan domestik (Rejekiningrum, 2011).

Oleh karena produksi pertanian melalui penyediaan air irigasi sangat dipengaruhi oleh faktor ketersediaan dan kebutuhan air, maka dipandang perlu untuk melacak, menentukan, menghitung dan menganalisa jumlah air

yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung aktivitas pertanian pada waktu dan daerah tertentu dalam model analisa kesetimbangan air. Sehingga, dapat dipastikan cukup atau tidak cukupnya air yang berdampak terhadap luasan daerah layanan dan ataupun dengan pola tanam yang efisien dapat diterapkan.

Selain bidang pertanian/irigasi, kebutuhan akan energi listrik yang semakin meningkat tiap tahun harus diimbangi dengan ketersediaan pasokan tenaga listrik yang berkelanjutan. Optimalisasi operasi PLTA dirasa perlu untuk dilakukan mengingat daya yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air dan operasi waduk itu sendiri. Jika besarnya kebutuhan operasi PLTA diketahui maka dapat diprediksi pada waktu tertentu, kapan ketersediaan air dapat memenuhi dan tidak dapat memenuhi kebutuhan operasi PLTA sebesar yang dibutuhkan. Jika ketersediaan tidak dapat memenuhi kebutuhan maka dapat dicari solusinya bagaimana kebutuhan tersebut tetap harus dipenuhi. Kebutuhan air untuk operasi PLTA maupun irigasi secara keseluruhan perlu diketahui karena merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan operasi waduk.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka menjadi keharusan dilakukan suatu analisis kesetimbangan air untuk mendukung pola operasi waduk yang paling optimal dan didapatkan manfaat yang sebesar-besarnya. Diharapkan kajian ini dapat bermanfaat sebagai bahan masukan dalam penentuan kebijakan serta untuk data dalam perancangan yang lebih lanjut pada instansi-instansi yang terkait.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam tulisan ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana Neraca Air Waduk Bili-bili
- b. Bagaimana Pengaruh operasi PLTA terhadap operasi Waduk Bili-bili



### **1.3 Tujuan Penulisan**

Tujuan penulisan kajian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menganalisa neraca air Waduk Bili-bili
- b. Menganalisa pengaruh operasi PLTA terhadap operasi Waduk Bili-bili

### **1.4 Ruang Lingkup Pembahasan**

Ruang lingkup pembahasan dalam tulisan ini adalah analisis ketersediaan, kebutuhan dan kesetimbangan air kaitannya dengan keberadaan Waduk Bili-bili untuk melayani Daerah Irigasi Bili-bili, Bissua dan Kampili dengan luas total 23.518 ha.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tulisan ini mencakup sebagai berikut :

- a. Data yang digunakan untuk menghitung ketersediaan air adalah data debit harian sungai Tahun 2000-2017
- b. Pola tanam rencana yang digunakan mengacu ke pola tanam eksisting Bendungan Bili-bili
- c. Data luasan daerah layanan yang digunakan meliputi: DI. Bili-bili 2.368 ha, DI. Bissua 10.725 ha, dan DI. Kampili 10.425 ha dengan luas total 23.518 ha
- d. Kebutuhan air yang dihitung adalah kebutuhan air irigasi, untuk kebutuhan lain seperti air baku, industri, evaporasi, rembesan, PLTA dan pemeliharaan sungai (penggelontoran) diperoleh dari data sekunder *BBWS Pompeangan Jeneberang*.
- e. Pengaruh Sungai Jenelata dalam analisa kajian ini diabaikan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

- BAB I**           Pendahuluan  
Menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
- BAB II**           Tinjauan Pustaka  
Meliputi tentang teori, persamaan dan standar perencanaan yang mendukung dalam pengolahan data atau pembahasan
- BAB III**          Metodologi  
Menjelaskan metode pengumpulan dan pengolahan data terkait dengan ruang lingkup penulisan, rumusan masalah dan batasan masalah
- BAB IV**          Pembahasan  
Menjelaskan hasil kajian, analisa dan pembahasan berdasarkan studi pustaka dan olah data yang dilakukan untuk menghitung ketersediaan, kebutuhan, kesetimbangan air dan pengaruh PLTA terhadap operasi Waduk Bili-bili
- BAB V**           Penutup  
Meliputi kesimpulan hasil pembahasan dan saran – saran terkait penulisan dan penelitian lebih lanjut

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%). Debit andalan ditentukan untuk periode tengah bulanan. Debit minimum sungai dianalisis atas dasar data debit harian sungai. Agar analisisnya cukup tepat dan andal, catatan data yang diperlukan harus meliputi jangka waktu paling sedikit 15 tahun. Jika persyaratan ini tidak bisa dipenuhi, maka metode hidrologi analitis dan empiris dapat dipakai. Dalam menghitung debit andalan, harus mempertimbangkan air yang diperlukan dari sungai di hilir pengambilan.

Dalam praktek ternyata debit andalan dari waktu ke waktu mengalami penurunan seiring dengan penurunan fungsi daerah tangkapan air. Penurunan debit andalan dapat menyebabkan kinerja irigasi berkurang yang mengakibatkan pengurangan areal persawahan. Antisipasi keadaan ini perlu dilakukan dengan memasukkan faktor koreksi besaran 80% - 90% untuk debit andalan. Faktor koreksi tersebut bergantung pada kondisi perubahan daerah aliran sungai (DAS).

Tabel 2.1 Debit Andalan

Catatan Debit		Metode	Parameter Perencanaan
1a	Data Cukup (15 tahun atau lebih)	Analisis frekuensi distribusi frekuensi normal	Debit rata – rata tengah bulan dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%

1b	Data Terbatas	Analisis frekuensi rangkaian debit dihubungkan dengan rangkaian curah hujan yang mencakup waktu lebih lama	Seperti pada 1a dengan ketelitian kurang dari itu
2	Data Minimal atau Tidak Ada	<p>a. Metode simulasi pertimbangan air dari <i>Dr. Mock</i> atau metode <i>Enreca</i> dan yang serupa lainnya. Data curah hujan di daerah aliran sungai, evapotranspirasi, vegetasi, tanah dan karakteristik geologis daerah aliran sungai</p> <p>b. Perbandingan dengan daerah aliran sungai di dekatnya.</p>	Seperti pada 1b dengan ketelitian kurang dari itu
3	Data Tidak Ada	Metode kapasitas saluran aliran rendah, potongan melintang sungai dan kemiringan yang sudah diketahui.	Seperti pada 1b dengan ketelitian kurang dari itu

Perhitungan debit andalan dihitung dengan persamaan probabilitas Weibull sebagai berikut :

$$P(X \geq x) = \frac{m}{n+1} 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

$P ( X \geq x )$  = adalah probabilitas terjadinya variable X (debit) yang sama dengan atau lebih besar dari  $x \text{ m}^3/\text{det}$

m = adalah peringkat data

n = adalah jumlah data

X = adalah seri data debitZ

x = adalah debit andalan jika probabilitas sesuai dengan peruntukannya, misal (  $X \geq Q_{80} \%$  ) : 0.80

## 2.2 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

### 2.2.1 Kebutuhan Air di Sawah Untuk Padi

Kebutuhan air di sawah untuk padi ditentukan oleh faktor – faktor berikut:

- a. Penyiapan lahan
- b. Penggunaan konsumtif
- c. Perkolasi dan rembesan
- d. Penggantian lapisan air
- e. Curah hujan efektif

a. Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan merupakan pekerjaan pengolahan tanah secara basah mulai dari pemberian air yang pertama, membersihkan jerami dan akar-akar sisa tanaman padi yang lalu sampai siap ditanami. Tanah permukaan dibajak atau dicangkul sedalam 20 – 30 cm agar tanah menjadi lunak dan membalikkan permukaan, kemudian digemburkan lalu dibuat rata dan siap untuk ditanami bibit padi yang diambil dari tempat persemaian.

Lama pekerjaan penyiapan lahan tergantung jumlah tenaga kerja, hewan dan peralatan yang digunakan serta faktor-faktor sosial setempat. Biasanya Pengolahan lahan dilakukan sebelum masa tanam padi dan berlangsung selama 30 – 45 hari.

Untuk penyiapan lahan digunakan rumus empiris v d Goor dan Zijlstra.

$$Pd = \frac{M \cdot e^k}{(e^k - 1)} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

**Pd** = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan pada saat pengolahan lahan (mm/hari)

**M** = Kebutuhan air untuk mengganti/mengkompensasi air yang hilang akibat evaporasi air terbuka selama penyiapan lahan (1.1 x ETo) dan akibat perkolasi, atau  $M = (1.1 \times ETo) + P$ , dalam mm/hari.

**K** =  $MT/S$

**T** = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)

**S** = Kebutuhan air untuk penjemuran ditambah dengan lapisan air 50 mm

**e** = Bilangan dasar dalam logaritma 2,7183

Ratio luas tanaman adalah perbandingan antara luas lahan yang sudah ditanami dengan luas total, misalnya penanaman penuh nilainya adalah 1 yang tidak penuh mungkin 0.75, atau 0.25. Untuk menyikapi perubahan iklim yang selalu berubah dan juga dalam rangka penghematan

air maka diperlukan suatu metode penghematan air pada saat pasca konstruksi (operasional). Pada saat ini perhitungan kebutuhan air dihitung secara konvensional yaitu dengan metode genangan yang berkonotasi bahwa metode genangan adalah metode boros air. Metode perhitungan kebutuhan air yang paling menghemat air adalah metode *intermitten* yang di Indonesia saat ini dikenal dengan nama SRI atau *System Rice Intensification*.

SRI adalah metode penghematan air dan peningkatan produksi dengan jalan pengurangan tinggi genangan di sawah dengan system pengaliran terputus (*intermitten*). Metode ini tidak direkomendasikan untuk dijadikan dasar perhitungan kebutuhan air, tetapi bisa dijadikan referensi pada saat pasca konstruksi (operasional).

b. Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dari tanaman tersebut.

Penggunaan konsumtif dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$ET_c = K_c * ET_0 \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

$ET_c$  = Evapotranspirasi tanaman, mm/hari

$K_c$  = Koefisien Tanaman,

$ET_0$  = Evapotranspirasi tanaman acuan (potensial), mm/hari

b.1. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi tanaman acuan adalah evapotranspirasi tanaman yang dijadikan acuan, yakni rerumputan pendek.  $ET_0$  adalah kondisi evaporasi berdasarkan keadaan – keadaan meteorologi seperti :

- Temperatur,
- Sinar matahari atau radiasi,

- Kelembaban,
- Kecepatan Angin.

Bila evaporasi diukur di stasiun agrometeorologi, maka biasanya digunakan pan kelas A. Harga – harga pan evaporasi ( $E_{pan}$ ) dikonversi ke dalam angka – angka  $ET_0$  dengan menerapkan faktor pan  $K_p$  antara 0.65 dan 0.85 bergantung pada kecepatan angin, kelembaban relatif serta elevasi.

$$ET_0 = K_p * E_{pan} \dots\dots\dots (4)$$

Harga – harga faktor pun mungkin sangat bervariasi bergantung kepada lamanya angin bertiup, vegetasi di daerah sekitar dan lokasi pan. Evaporasi pan diukur harian, demikian pula harga – harga  $ET_0$ .

Untuk perhitungan evaporasi, dianjurkan menggunakan persamaan *Penman* modifikasi. Temperatur, kelembaban, kecepatan angin dan sinar matahari merupakan parameter dalam persamaan tersebut. Data – data ini diukur secara harian pada stasiun – stasiun (agro) meteorologi.

Berikut persamaan *Penman* Modifikasi FAO diberikan :

$$ET_0 = c * W * R_n * + (1-W) * f(u) * (e_a - e_d) \dots\dots\dots (5)$$

Dengan :

- $c$  = Faktor koreksi,
- $W$  = Faktor yang berhubungan dengan suhu,
- $R_n$  = Net radiasi equivalen evaporasi (mm/hari),
- $f(u)$  = Fungsi kecepatan angin,
- $e_a$  = Tekanan uap jenuh pada suhu  $t$  °C (mbar),
- $e_d$  = Tekanan uap udara (mbar).



## b.2. Koefisien Tanaman

Harga – harga koefisien tanaman padi diberikan dalam table berikut:

Tabel 2.2 Harga – harga Koefisien<sup>1</sup> Tanaman Padi

<b>Bulan</b>	<i>Nedeco / Prosida</i>		<b>FAO</b>	
	<b>Varietas<sup>2</sup> Biasa</b>	<b>Varietas<sup>2</sup> Unggul</b>	<b>Varietas Biasa</b>	<b>Varietas Unggul</b>
0.5	1.20	1.20	1.10	1.10
1.0	1.20	1.27	1.10	1.10
1.5	1.32	1.33	1.10	1.05
2.0	1.40	1.30	1.10	1.05
2.5	1.35	1.30	1.10	0.95
3.0	1.24	0	1.05	0
3.5	1.12		0.95	
4.0	0 <sup>4</sup>		0	

Sumber : *Dirjen Pengairan, Bina Program PSDA. 010, 1985*

<sup>1</sup>Harga-harga koefisien ini akan dipakai dengan rumus evapotranspirasi Penman yang sudah dimodifikasi dengan menggunakan metode yang diperkenalkan oleh Nedeco/Prosida atau FAO

<sup>2</sup>Varietas padi biasa adalah varietas padi yang masa tumbuhnya lama

<sup>3</sup>Varietas unggul adalah varietas padi yang jangka waktu tumbuhnya pendek

<sup>4</sup>Selama setengah bulan terakhir pemberian air rigasi ke sawah dihentikan kemudian koefisien tanaman diambil "no!" dan padi akan menguning dengan air yang tersedia.

c. Perkolasi dan Rembesan

Kehilangan air di sawah diperhitungkan karena adanya rembesan air dari daerah tidak jenuh ke daerah jenuh air (perkolasi). Besarnya perkolasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Tekstur tanah, makin besar tektur tanah semakin besar angka perkolasinya dan sebaliknya.
2. Permeabilitas tanah, semakin besar permeabilitasnya, semakin kecil perkolasi yang terjadi.
3. Tebal lapisan tanah bagian atas, semakin tipis lapisan tanah bagian atas semakin kecil angka perkolasinya.
4. Letak permukaan air tanah

Semakin dangkal air tanah semakin kecil angka perkolasinya. Perkolasi dapat mencapai 1–3 mm per hari.

d. Penggantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air dilakukan setelah kegiatan pemupukan yang telah dijadwalkan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, maka penggantian lapisan air tersebut dilakukan sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm per 15 hari (3,33 mm/hari selama setengah bulan). Selama 1 dan 2 bulan setelah awal tanam.

e. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah hujan tersedia yang dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhannya. Untuk irigasi pada curah hujan efektif bulanan diambil 70% dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun kering (probabilitas terpenuhi 80%,  $R_{80}$ ).

$$R_{80} = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan :

- $R_{80}$  = Curah hujan dengan probabilitas terpenuhi 80%,
- n = Jumlah data curah hujan,
- m = Rangking data curah hujan yang dipilih.

$$R_e = 0.70 * R_{80} / \text{Setengah bulan}(15) \dots\dots\dots (7)$$

Dengan:

$R_e$  = Curah hujan efektif, mm/hari

$R_{80}$  = Curah hujan minimum tengah bulanan 80%, mm

15 = Jumlah hari, setengah bulan,

### 2.2.2 Kebutuhan Air di Sawah Untuk Palawija

Kebutuhan air di sawah untuk palawija ditentukan oleh faktor berikut:

- a. Penyiapan lahan
- b. Penggunaan konsumtif
- c. Curah hujan efektif

#### a. Penyiapan Lahan

Masa pra-irigasi diperlukan guna menggarap lahan untuk ditanami dan menciptakan kondisi tanah lembab yang memadai untuk persemaian yang baru tumbuh. Banyaknya air yang dibutuhkan bergantung kepada kondisi tanah dan pola tanam yang diterapkan. Jumlah air 50 mm sampai 100 mm dianjurkan untuk tanaman ladang dan 100 mm sampai 120 mm untuk tanaman tebu, kecuali jika terdapat kondisi – kondisi khusus (misalnya ada tanaman lain yang ditanam segera sesudah padi). Adapun ratio penyiapan lahan adalah perbandingan antara total penyiapan lahan (2 bulan) dengan angka 4 (yang merupakan periode 15 harian).

#### b. Penggunaan Konsumtif

Seperti halnya untuk padi, dianjurkan bahwa untuk indeks evapotranspirasi dipakai persamaan evapotranspirasi *Penman* yang dimodifikasi, sedangkan cara perhitungannya (kebutuhan konsumtif) bisa menurut cara FAO atau cara Nedeco/Prosida.

Harga – harga koefisien tanaman untuk palawija didasarkan pada data – data dari FAO (dengan data – data untuk negara – negara yang

paling mirip) dan menggunakan metode perhitungan untuk menjabarkan koefisien tanaman tersebut.

Berikut harga – harga koefisien tanaman untuk palawija :

Tabel 2.3 Harga – harga koefisien untuk diterapkan dengan metode perhitungan evapotranspirasi FAO

Tanaman	Jangka Tumbuh/hari	Jangka												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Kedelai</b>	85	0.50	0.75	1.00	1.00	0.82	0.45*							
<b>Jagung</b>	80	0.50	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95*							
<b>Kacang Tanah</b>	130	0.50	0.51	0.66	0.85	0.95	0.95	0.95	0.55	0.55*				
<b>Bawang</b>	70	0.50	0.51	0.69	0.90	0.95*								
<b>Buncis</b>	75	0.50	0.64	0.89	0.95	0.88								
<b>Kapas</b>	195	0.50	0.50	0.58	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.78	0.65	0.65	0.65

\*untuk sisanya kurang dari ½ bulan

Catatan :

1. Diambil dari FAO *Guideline for Crop Water Requirement* (Ref. FAO, 1977)
2. Untuk diterapkan dengan metode ET Prosida, kalikan harga-harga koefisien tanaman dengan 1.15

### 2.2.3 Kebutuhan Air di Sawah Untuk Pengambilan Intake

a. Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi adalah :

$$NFR = ET_c + P + WLR - R_e \quad \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

NFR = *Netto Field Water Requirement*, mm/hari

ET<sub>c</sub> = Kebutuhan konsumtif tanaman, mm/hari

P = Perkolasi, mm/hari

WLR = Penggantian lapisan air, mm/hari

R<sub>e</sub> = Curah hujan efektif, mm/hari

b. Kebutuhan air irigasi :

$$IR = \frac{NFR}{e} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan :

IR = Kebutuhan air irigasi, mm/hari

e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

Efisiensi irigasi (**e**) adalah angka perbandingan jumlah debit air irigasi terpakai dengan debit yang dialirkan; dan dinyatakan dalam prosentase (%). Untuk tujuan perencanaan, dianggap seperempat atau sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai di sawah. Kehilangan ini disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, evaporasi dan rembesan. Efisiensi irigasi keseluruhan rata-rata berkisar antara 59 % - 73 %. Oleh karena itu kebutuhan bersih air di sawah (**NFR**) harus dibagi efisiensi irigasi untuk memperoleh jumlah air yang dibutuhkan di intake.

1. Saluran tersier, kehilangan air = 20%, sehingga efisiensi ≈ 80 %
2. Saluran sekunder, kehilangan air 10 %, sehingga efisiensi ≈ 90 %
3. Saluran utama/induk, kehilangan air 10 %, sehingga efisiensi ≈ 90 %

Efisiensi secara keseluruhan dihitung sebagai berikut = efisiensi jaringan tersier (80%) x efisiensi jaringan sekunder (90%) x efisiensi jaringan primer (90%), sehingga efisiensi irigasi secara keseluruhan ≈ 65 %.

c. Kebutuhan Pengambilan di Intake :

$$DR = \frac{IR}{8.64} * A \dots\dots\dots (10)$$

Dengan :

DR = Kebutuhan pengambilan di intake, lt/det

IR = Kebutuhan air irigasi dengan efisiensi, lt/det/ha

A = Luas areal layanan daerah irigasi, ha

1/8.64 = Konversi mm/hari ke lt/det/ha.

## 2.3 Pola Operasi Waduk

### 2.3.1 Klasifikasi Waduk

Berdasarkan fungsinya, waduk dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

a. Waduk Eka Guna (Single Purpose)

Waduk eka guna adalah waduk yang dioperasikan untuk memenuhi satu kebutuhan, misalnya kebutuhan air irigasi, air baku atau PLTA saja. Pengoperasian waduk eka guna lebih mudah karena tidak terjadi konflik dalam pengoperasiannya atau konflik kepentingan antar satu kebutuhan dengan kebutuhan lainnya. Pada waduk eka guna pengoperasian hanya mempertimbangkan pemenuhan satu kebutuhan.

b. Waduk Multi Guna (Multi Purpose)

Waduk multi guna adalah waduk yang dioperasikan untuk memenuhi berbagai kebutuhan, misalnya memenuhi kebutuhan air irigasi, air baku, dan PLTA. Kombinasi dari berbagai kebutuhan dimaksudkan untuk mengoptimalkan fungsi waduk dan meningkatkan kelayakan pembangunan suatu waduk.

### 2.3.2 Inflow (Masukan Air) Waduk

Air yang masuk ke waduk diklasifikasikan dalam tiga kondisi, yaitu ; Masukan air ke waduk pada kondisi tahun basah, normal, dan kering. Air yang masuk ke waduk dapat berupa aliran air yang masuk dari sungai, dari daerah sekelilingnya, dan dari curah hujan yang jatuh langsung pada permukaan waduk.

Untuk menentukan besarnya masukan air (*inflow*) dari sungai untuk tahun basah, normal, dan kering dapat dilakukan dengan menganalisa data pencatatan tinggi muka air dan atau persamaan empiris untuk menghasilkan debit sungai (*inflow*).

### 2.3.3 Outflow (Keluaran Air) Waduk

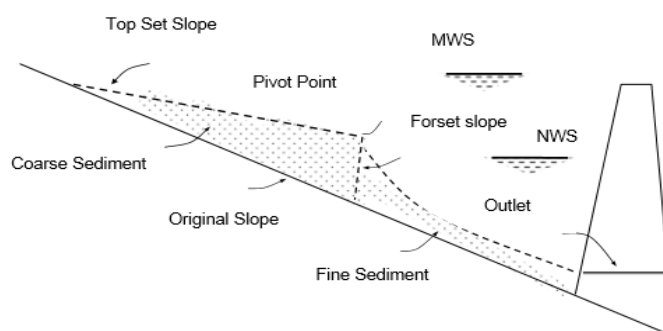
Kebutuhan air ditentukan oleh fungsi dari waduk tersebut. Untuk waduk yang mempunyai manfaat tunggal, keluaran air waduk dihitung hanya untuk pemenuhan suatu kebutuhan saja, namun pada waduk yang dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, keluaran dari waduk merupakan total dari seluruh kebutuhan seperti untuk irigasi, PLTA, air baku, dan perikanan. Kebutuhan air dapat dikategorikan menjadi sebagai berikut :

- a. Kebutuhan air minum dan kegiatan perkotaan,
- b. Kebutuhan air untuk industri,
- c. Kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai,
- d. Kebutuhan air untuk perikanan,
- e. Kebutuhan air untuk peternakan,
- f. Kebutuhan air untuk irigasi,

### 2.3.4 Prakiraan Sedimentasi

Permasalahan yang sering dialami suatu waduk setelah beroperasi adalah menurunnya kapasitas tampung dari waduk tersebut karena laju sedimentasi yang tinggi. Sedimentasi ini disebabkan oleh :

- Perubahan tata guna lahan di hulu yang berakibat rusaknya daerah pengaliran sungai,
- Tidak optimalnya pengoperasian waduk sehingga terjadi endapan sedimentasi yang besar di waduk



Gambar 2.1 Karakteristik Pengendapan Sedimentasi di Waduk

### 2.3.5 Pola Operasi Waduk

Persamaan dasar simulasi neraca air di waduk merupakan fungsi dari masukan (*inflow*), keluaran (*outflow*), dan tampungan waduk yang diberikan sebagai berikut :

$$I - O = ds/dt \quad \dots\dots\dots (11)$$

Dengan :

I : adalah masukan (*inflow*)

O : adalah keluaran (*outflow*)

ds/dt : adalah perubahan tampungan

atau secara rinci diberikan sebagai berikut :

$$S_{t+1} = S_t + I_t + R_t - E_t - L_t - O_t - O_{st} \quad \dots\dots\dots (12)$$

Dengan :

S<sub>t</sub> : adalah tampungan waduk pada periode t,

S<sub>t+1</sub> : adalah tampungan waduk pada periode t+1,

I<sub>t</sub> : adalah masukan (*inflow*) pada periode t,

R<sub>t</sub> : adalah hujan yang jatuh di atas permukaan waduk, pada periode t,

E<sub>t</sub> : adalah kehilangan air akibat evaporasi pada periode t,

L<sub>t</sub> : adalah kehilangan air akibat rembesan dan bocoran pada periode t,

O<sub>t</sub> : adalah total kebutuhan air,

O<sub>st</sub> : adalah keluaran (*outflow*) dari pelimpah, *spillout*

### 2.3.6 Pendekatan Dalam Pola Operasi Waduk

Pendekatan yang dapat digunakan di dalam pengoperasian waduk adalah sebagai berikut :



1. Pola pengoperasian dengan pendekatan tahunan (*one year return*) artinya waduk pada awal operasi dalam kondisi penuh dan untuk periode satu tahun operasi, waduk diusahakan kembali penuh,
2. Pola pengoperasian dengan pendekatan beberapa tahun (*multi year return*) artinya waduk pada awal operasi dalam kondisi penuh dan tidak merupakan suatu keharusan / target bahwa pada akhir operasi dalam satu tahun elevasinya kembali seperti pada awal operasi. Elevasi muka air dalam kondisi penuh kembali setelah beberapa tahun operasi.

## **2.4 Kesetimbangan Air**

Status kesetimbangan air pada suatu tempat dalam rangkaian tertentu, merupakan informasi yang sangat penting untuk pola operasi waduk. Dengan diketahuinya kondisi neraca air saat ini maka dapat dirancang pemanfaatan sumber daya air dengan kemampuan terhadap potensi yang tersedia. Neraca air merupakan analisis terhadap keseimbangan antara kebutuhan air (*water demand*) dan ketersediaan air (*water supply*) Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. Manfaat secara umum yang dapat diperoleh dari analisa neraca air sebagai berikut:

1. Digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan air. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang defisit air.
2. Sebagai dasar pembuatan saluran drainase dan teknik pengendalian banjir. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang surplus air.
3. Sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan pertanian seperti tanaman pangan – hortikultura, perkebunan, kehutanan hingga perikanan.

## 2.5 Data Teknis Bendungan Bili-bili

### 2.5.1 Umum

- Lokasi
  - Desa/Kecamatan : Romang Loe, Bontomarannu
  - Kab./Provinsi : Gowa dan Takalar/Sulawesi Selatan
  - Kota terdekat : Makassar
- Pemilik : BBWS Pompengan Jeneberang
- Pengelola : BBWS Pompengan Jeneberang
- Perencana Konstruksi : CTI Engineering Co. Ltd. PT Indah Karya, PT. Exza International
- Pelaksana Konstruksi : Hazama dan PT. Brantas Abipraya
- Tujuan/Manfaat : Irigasi, Air Baku, PLTA, Industri

### 2.5.2 Hidrologi

- Sungai : Jeneberang
- Wilayah Sungai : Jeneberang
- Daerah Aliran Sungai : -
- Daerah Tangkapan Air : 384,40 km<sup>2</sup>

### 2.5.3 Bendungan

Uraian	Bendungan Utama	Bendungan Pelana 1	Bendungan Pelana 2
- Tipe	UB	UB	UB
- Jenispondasi (batuan/tanah/pasir- kerikil)	Batuan	Batuan	Batuan
- Tinggi dasar pondasi terdalam (m)	73,00	42,00	52,00
- Tinggi dasar sungai terdalam (m)	56,00	-	-

- Volume tubuh bangunan (m <sup>2</sup> )	2.760.000	1.470.000	1.060.000
- Elevasi puncak (m)	± 106,00	± 106,00	± 106,00
- Panjang puncak (m)	750,00	646,00	412,00
- Lebar puncak (m)	10,00	10,00	10,00
- Kemiringan lereng hulu 1/n	1/2,3	-	-
- Kemiringan lereng hilir 1/n	1/1,8	-	-
- Tinggi jagaan (m)	-	-	-

#### 2.5.4 Waduk

Gambaran umum Waduk Bili – bili yang perlu diketahui dalam pengoperasian Bendungan terkini antara lain sebagai berikut :

- a. Daerah Tangkapan : 384,4 km<sup>2</sup>
- b. Elevasi Air Banjir Rencana (DFWL) : EL. +103,0 m
- c. Elevasi Tampungan Tambahan (SWL) : EL. +101,6 m
- d. Elevasi Muka Air Normal (NWL) : EL. +99,5 m
- e. Elevasi Muka Air Rendah (LWL) : EL. +70,05 m
- f. Kedalaman Air Efektif (SWL-LWL) : 36,6 m
- g. Luas Permukaan Waduk pada NWL : 15,93 km<sup>2</sup>
- h. Kapasitas Tampungan Total : 239.764.000 m<sup>3</sup>
- i. Kapasitas Tampungan Efektif : 232.31.000 m<sup>3</sup>
- j. Kapasitas Pengendalian Banjir : 33.574.800 m<sup>3</sup>
- k. Kapasitas Pemanfaatan Air : 195.012.200 m<sup>3</sup>
- l. Kapasitas Air Bersih : 22.378.449 m<sup>3</sup>
- m. Kapasitas Air Irigasi : 172.633.750 m<sup>3</sup>
- n. Kapasitas Tampung Endapan : 11.05.000 m<sup>3</sup>
- o. Status Elevasi Waduk
  - Normal : EL. +99,50 m
  - Waspada : EL. +100 m
  - Siaga : EL. +101,6 m

- Awas : EL. +103 m

#### 2.5.5 Bangunan Pelimpah

- Tipe : Ogee dengan pintu
- Banjir rencana
  - QPMF : 3.800 m<sup>3</sup>/s
  - Q50 : 2.200 m<sup>3</sup>/s
- Debit rencana
  - Bangunan pengendali : 2,000 m<sup>3</sup>/s (QPMF)
  - Upper chuteaway : 2,000 m<sup>3</sup>/s (QPMF)
  - Lower chuteaway : 1,300 m<sup>3</sup>/s (100 tahun)
  - Kolam olak (Stilling basin) : 1,200 m<sup>3</sup>/s (50 tahun)
- Pelimpah ambang bebas (Free flow crest)
  - Elevasi puncak (Crest elevation) : EL. +99,5 m
  - Lebar puncak (Crest width) : 70 m
- Pelimpah berpintu (Gated crest)
  - Elevasi puncak (Crest elevation) : EL. 91,8 m
  - Lebar puncak (Crest width) : 14 m
  - Dimensi pintu : 7,0 m x 7,7 m x 2 unit
  - Saluran peluncur (Chuteway) : 225 m
  - Ruang olakan : panjang 65 m x lebar 75 m
  - Saluran pembilas (Outlet channel) : lebar 100 m x panjang 400
- Jembatan di atas pelimpah
  - Jembatan beton (Precast) : panjang 8,8 m x lebar 5,5 m x 2 buah
  - Jembatan beton (In situ) : panjang 19,4 m x lebar 5,5 m x 4 buah

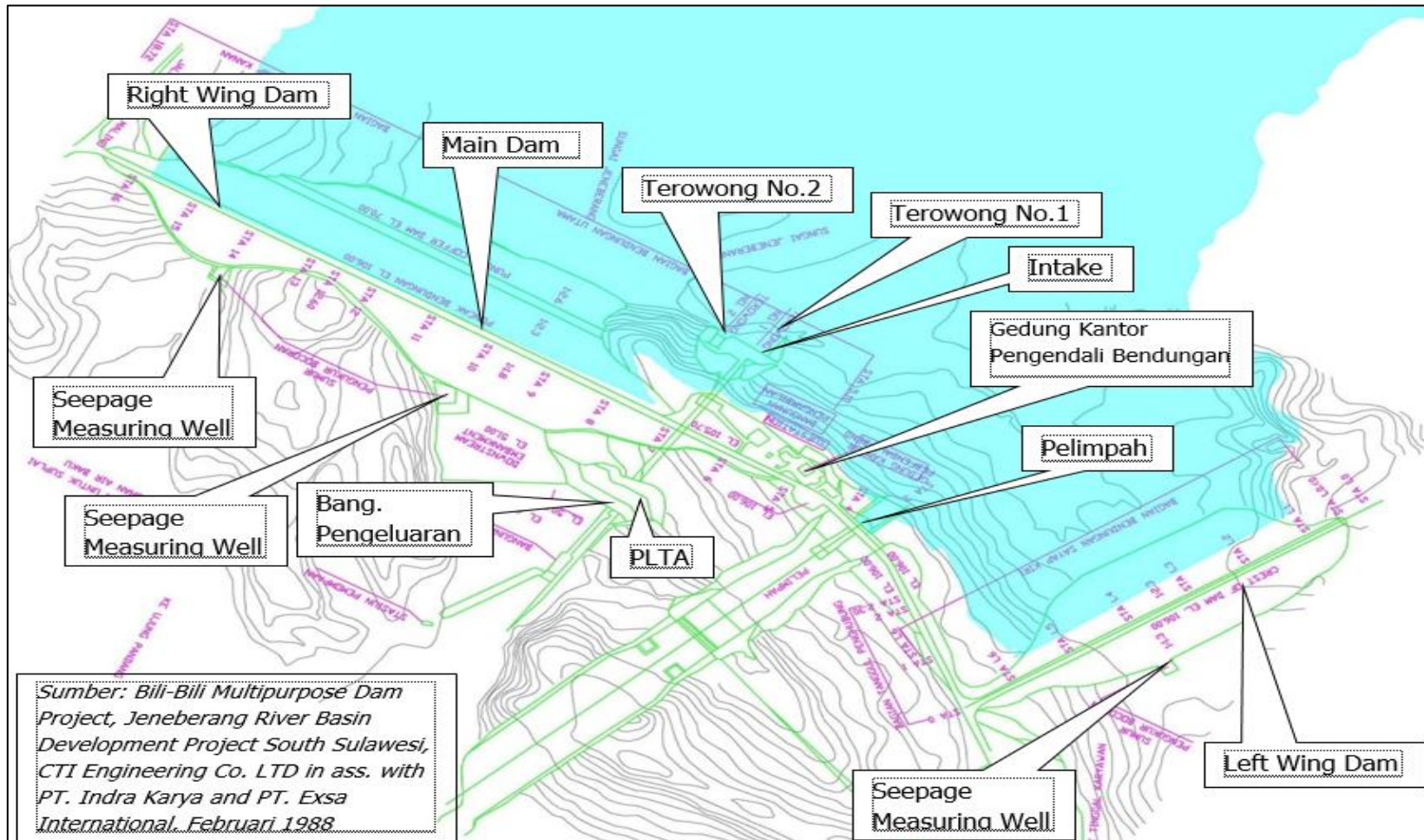
#### 2.5.6 Bangunan Pengambilan

- Jumlah : 1 Buah
- Debit Rencana : 45 m<sup>3</sup>/s (dengan Hydropower)
- Akses Menuju Bangunan Pengambilan : Baik

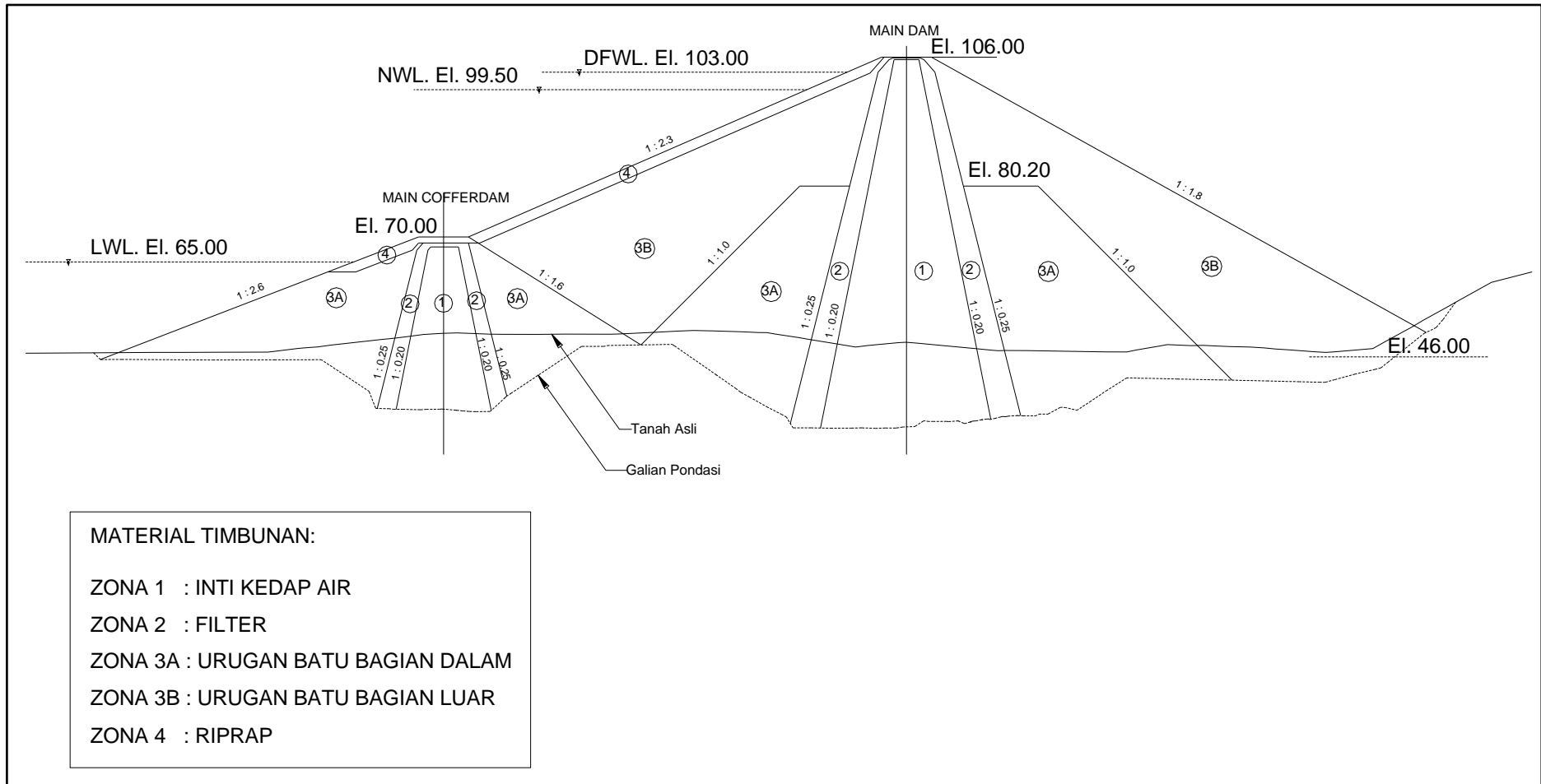
- Sumber Tenaga : Manual
- Bangunan Pengambilan Irigasi (Pintu Pengaman dan Pintu Pengatur – bila dengan pintu)
  - Tipe pintu : Roller Gate
  - Elevasi Ambang Pintu : ± 59,00
  - Uk. Tinggi x Lebar Pintu (m) : 5,2 x 3,7

#### 2.5.7 Gambaran Umum Bangunan Pengeluaran (Outlet Works)

- Debit Rencana : 45 m<sup>3</sup>/dtk (dengan Hydropower)
- Bangunan Pengambilan (Intake Structure) : Pengambilan tipe lengkung (in-clined intake), tinggi 51,5 m
- Pintu Penyekat (Bulkhead Gate) : Roller gate, lebar 3,7 m ; tinggi 5,2 m
- Pipa Pembawa (Steel Conduit) : Panjang 285 m ; dia 3,7 m
- Bangunan Pembilas (Outlet Structure)
  - Pintu Kontrol (Control Gate) : Pintu Pancar (jet flow gate), dia 2 m
  - Pintu Jagaan (Guard Gate) : Pintu katup (gate valve), dia 2 m
  - Ruang Peredam Energi : Lebar 4 m ; panjang 74,1 m
- Bangunan Bagi
  - Air Baku & Industri : Lebar 3,0 m x panjang 7,5 m dengan katup kontrol (dia 1,2 m) dan pipa pembawa/steel conduit (dia 1,2 m)  
Debit Rencana 3,3 m<sup>3</sup>/dtk
  - Irigasi/Pemeliharaan Sungai : Lebar 17 m x panjang 56 m dengan bendung tetap (lebar 17 m)  
Debit Rencana 39,1 m<sup>3</sup>/dtk



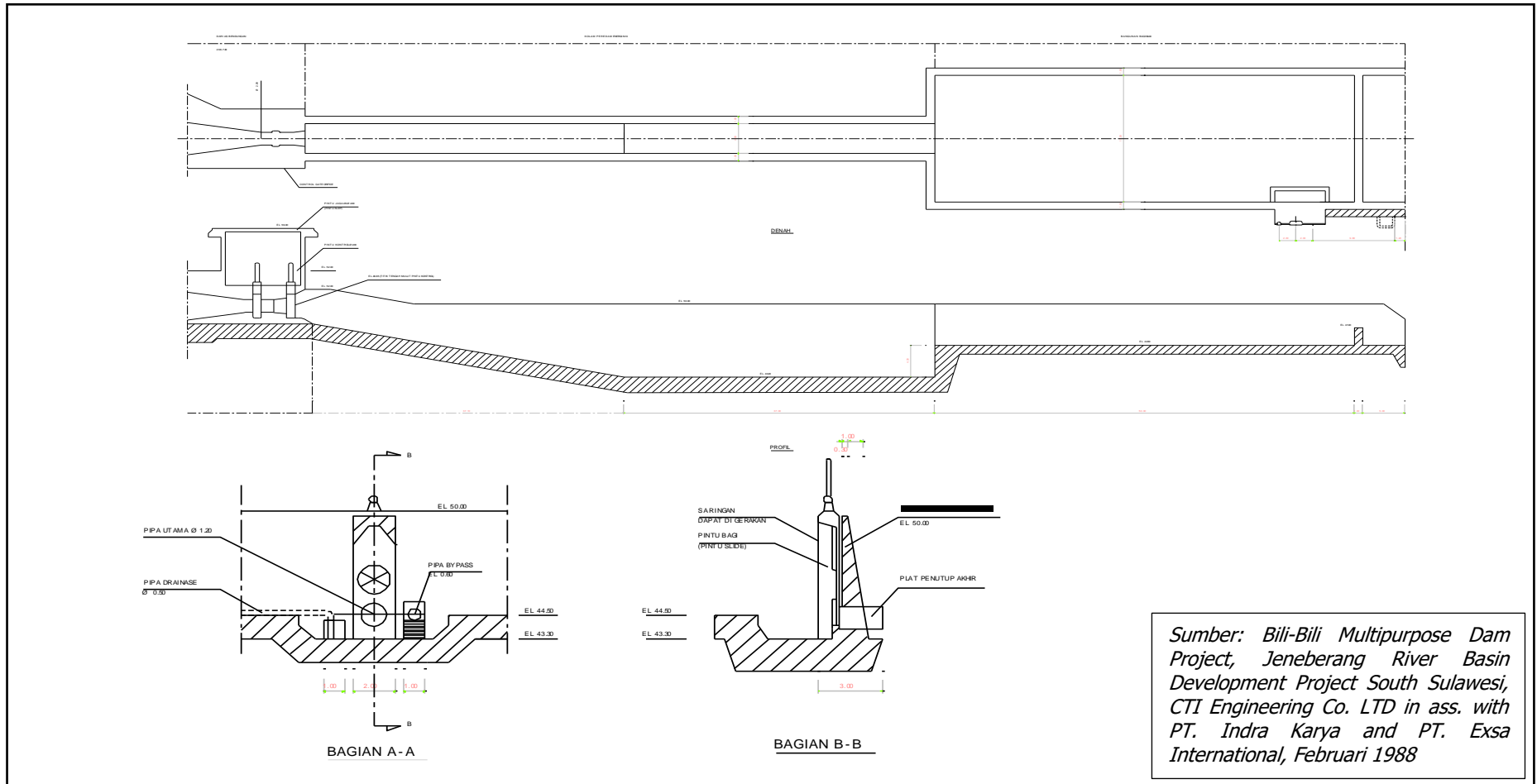
Gambar 2.2 Denah Umum Bendungan Bili-bili



**MATERIAL TIMBUNAN:**

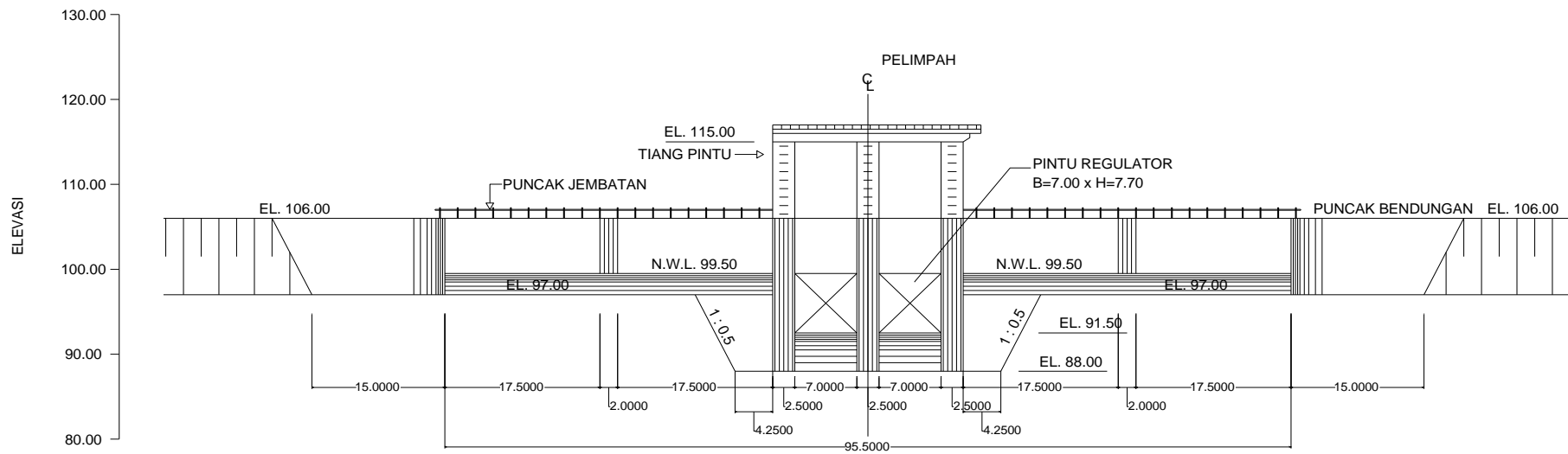
- ZONA 1 : INTI KEDAP AIR
- ZONA 2 : FILTER
- ZONA 3A : URUGAN BATU BAGIAN DALAM
- ZONA 3B : URUGAN BATU BAGIAN LUAR
- ZONA 4 : RIPRAP

Gambar 2.3 Potongan Melintang Bendungan Bili-bili (Main Dam)



Gambar 2.4 Bangunan Pengambilan Untuk Survey Air Baku

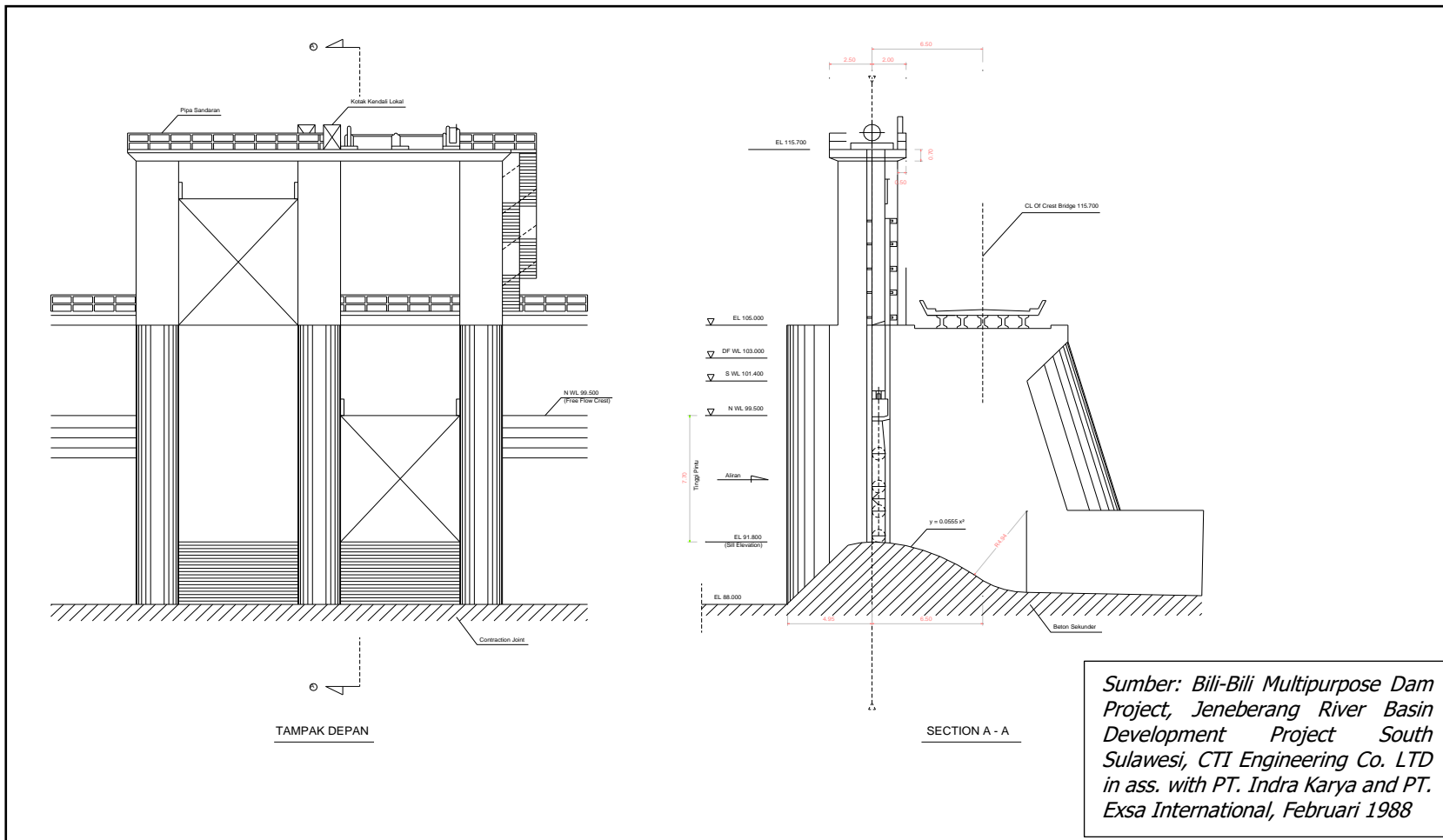




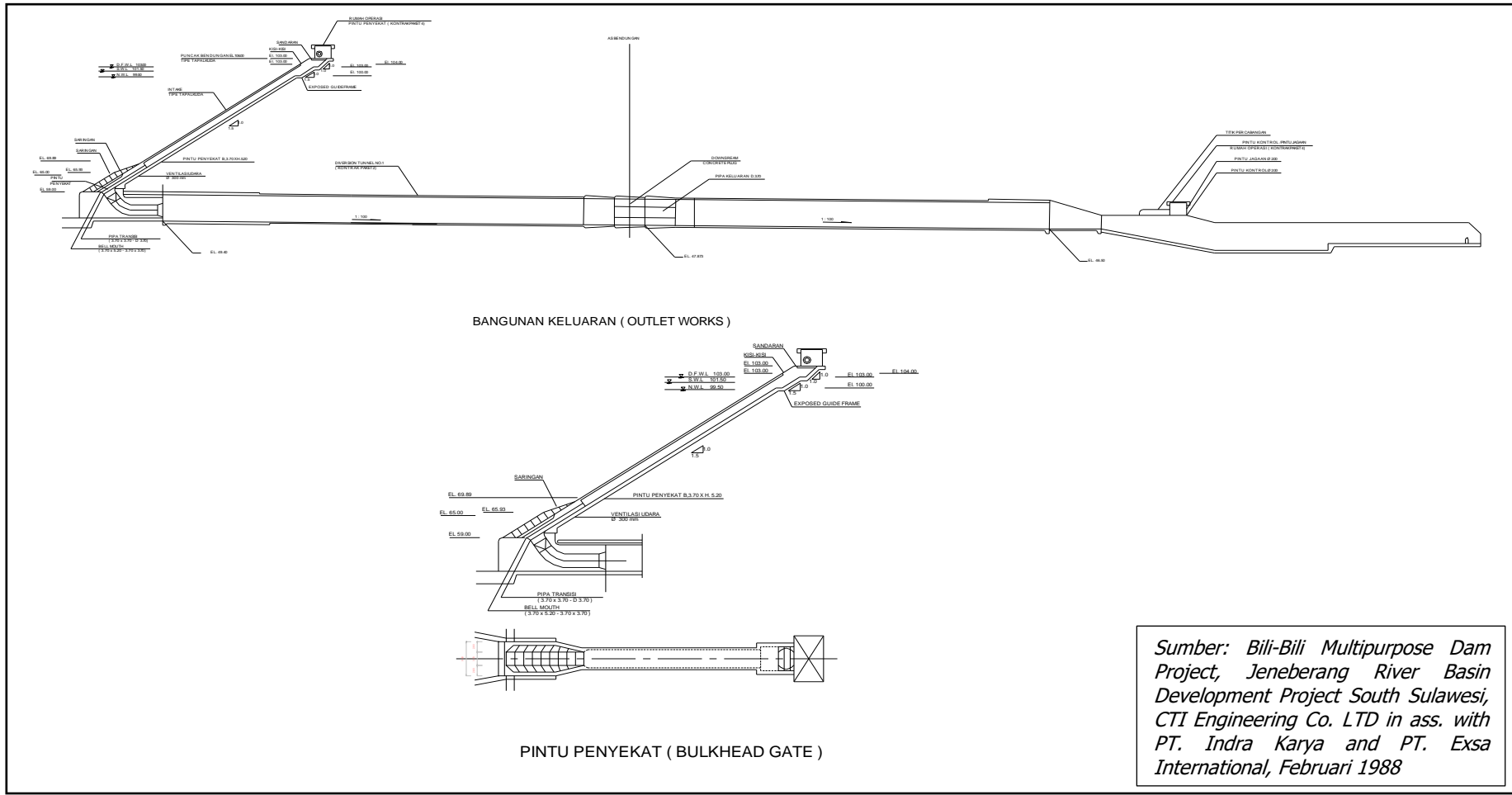
GAMBAR. GATED CREST DAN FREE FLOE CREST

*Sumber: Bili-Bili Multipurpose Dam Project, Jeneberang River Basin Development Project South Sulawesi, CTI Engineering Co. LTD in ass. with PT. Indra Karya and PT. Exsa International, Februari 1988*

Gambar 2.5 Pintu Regulator Pada Pelimpah



Gambar 2.6 Detail Pintu Regulator Pada Pelimpah



Gambar 2.7 Bangunan Pengeluaran

## 2.6 Gambaran Umum PLTA Bili-Bili

### 2.6.1 Sejarah Singkat Pusat Listrik Bili-bili

Pusat listrik Bili-bili terletak di Desa Bili-bili, Kecamatan Manuju Kabupaten Gowa sekitar 30 km di sebelah timur kota Makassar. Pusat listrik Bili-bili beroperasi memanfaatkan aliran air dari waduk Bili-bili yang merupakan waduk multipurpose yang dikelola oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang (BBWS P-J) Dinas Pekerjaan Umum.



Gambar 2.8 Lokasi Pusat Listrik Bili-bili

Pusat Listrik Bili-bili ini mulai beroperasi pada tahun 2005 dengan daya terpasang 20,1 MW. Dengan menggunakan bus line 20kV. Pusat listrik Bili-bili menyuplai sistem interkoneksi melalui 2 feeder express ke gardu Induk Borongloe dan 2 feeder konsumen yaitu feeder Lanna yang menuju Malino dan feeder Pakatto yang menuju Rindam. Untuk mendukung pasokan tenaga listrik dalam wilayah Sulsel, pusat listrik Bili-bili dituntut menjaga kontinuitas dalam memproduksi tenaga listrik. Dengan motto “*Electricity For A Better Life*” kami terus meningkatkan keandalan pembangkit untuk terus menerangi negeri dengan kemandirian produk bangsa. Pusat listrik tenaga air berfungsi untuk merubah energi potensial air menjadi energi kinetik

kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin yang digunakan oleh PLTA Bili-bili adalah turbin Kaplan, dengan tinggi jatuh air maksimum 50,71 m dan kapasitas debit air maksimum 44 m<sup>3</sup>/det. PLTA Bili-bili terbagi dalam 2 unit dengan kapasitas masing-masing, unit 1 : 6 MW, unit 2 : 14,1 MW.

#### 2.6.2 Data Teknis Peralatan

- Penstock (Pipa Pesat)
  - Dimensi : Diameter 3,7-1,97 & 3,7-2,81 m
  - : Panjang 33,184 & 47,830 m
  - : Material SM 41 (Baja)
- Power House
  - Type : Semi Underground
  - Dimensi : Panjang 40,3 m
  - : Lebar 19,0 m
  - : Tinggi 32,7 m
- Tailrace (Saluran Pembuang)
  - Type : Saluran Terbuka
  - Dimensi : Panjang 82,17 m
  - : Lebar 18,7 & 12,0 m
- Turbin
  - Jumlah : 2 unit
  - Type : Vertical Shaft, Kaplan
  - Rated Output : Unit 1 5.600 kW
  - : Unit 2 13.700 kW
  - Max Output : Unit 1 6.000 kW
  - : Unit 2 14.100 kW
  - Max Head : Unit 1 50,71 m
  - : Unit 2 49,49 m
  - Discharge : Unit 1 12,80 m<sup>3</sup>/det
  - : Unit 2 31,60 m<sup>3</sup>/det
  - Rotation : Unit 1 500 rpm

- : Unit 2      375 rpm
- Generator
  - : Type 3 Phase, TAKL
  - : Unit 1      6.800 kVA
  - : Unit 2      16.100 kVA
- Power Factor      : 0,85
- Rated Voltage      : 6,600 V
- Main Transformer
  - Jumlah Unit      : 2 Unit, 6,6 kV / 20 kV
  - Type              : 3 phase, Oil Immersed
  - Rated Capacity    : Unit 1      6.800 kVA
  - : Unit 2      16.100 kVA

### 2.6.3 Pola Operasi Pusat Listrik Bili-bili

Pusat listrik Bili-bili beroperasi menyesuaikan kondisi elevasi dan ketersediaan air hulu yang terpakai untuk kebutuhan PDAM dan Irigasi. Dengan trend sesuai grafik dan pola tanam petani maka pemakaian air pusat listrik Bili-bili diatur sesuai besaran kubikasi air yang diperlukan. Memakai sistem kontrol AFR (Automatic Flow Regulator) besaran tersebut dapat dikontrol otomatis sehingga debit airnya dibuat rata terpakai untuk memutar turbin. Hal tersebut dilaksanakan terutama saat memasuki musim kemarau dengan kebutuhan air yang kontinyu. Semua kegiatan pengoperasian dapat dikontrol melalui panel CRT, UCB dan lokal panel. Adapun jika terjadi gangguan pada peralatan-peralatan pembangkit akan menyebabkan alarm yang terbaca pada panel-panel kontrol yang ada pada kontrol room karena semua peralatan dilengkapi relay apabila terjadi over load atau melewati range yang telah ditentukan.