

# STUDI PERENCANAAN DAN UJI MODEL HIDROLIKA *FISHWAY* PADA BENDUNG GERAK SEMBAYAT

**Nama** : Mona Is Aziza  
**NRP** : 3110 100 043  
**Jurusan/fakultas** : Teknik Sipil/FTSP  
**Dosen Konsultasi** : Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc.  
Danayanti, ST., MT.

## ABSTRAK

*Bendung adalah bangunan air yang dibuat melintang sungai, membendung aliran sungai dan menaikkan level muka air di bagian hulu. Konstruksi bendung menyebabkan sifat kemenerusan (flow) sungai akan terinterupsi. Akibatnya, sungai menjadi alur aliran yang terpotong-potong. Alur yang terpotong ini menyebabkan perubahan keseimbangan alam, baik abiotik (fisik) maupun biotik (bio-ekologis). Keseimbangan abiotik akan terganggu, misalnya sedimen akan tertahan di bagian hulu dan erosi terjadi di bagian hilir dan terjadi defisit air di bagian hilir. Keseimbangan biotik juga terganggu, misalnya dengan terputusnya alur nutrisi dan jalur migrasi fauna air sungai. Dengan permasalahan yang ada maka diharapkan ikan dan habitat akuatik lainnya dapat melalui rintangan tersebut (tubuh bendung). Fishway didesain sesuai kapasitas ekologi serta kapasitas kriteria bendung itu sendiri. Dari hasil analisa, desain vertical slot dengan bentuk saluran bersekat dianggap memenuhi kriteria-kriteria tersebut. Sesuai kebutuhan migrasi ikan dan kesesuaian desain maka didapatkan saluran fishway dengan ukuran panjang 23,75 m, lebar 1,5 m dan tinggi sekat bervariasi secara berjenjang dari ukuran 1 m hingga 1,35 (terdapat 20 sekat). Fishway ini memiliki debit aliran sebesar 0,115 m<sup>3</sup>/det sehingga dapat dilalui oleh ikan-ikan jenis perenang sedang hingga cepat.*

***Keyword : Bendung, Bendung Gerak, Ekosistem, Fishway,  
Vertical Slot***

# Study Of Design And Modelling Of Fishway Hydraulic Test For Sembayat Barrage

**Name** : Mona Is Aziza  
**NRP** : 3110 100 043  
**Department** : Teknik Sipil/FTSP  
**Promotor** : Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc.  
Danayanti, ST., MT.

## Abstract

*The barrage is a dam built across the river, used to block the water stream and raise the water level in the upstream portion of the river. The barrage construction causes the natural tidal and river flow to be disrupted. As a result, the river flow becomes intermittent. This interrupted water flow causes a change of the natural balance, both abiotic (physical) and biotic (bio-ecologic). The natural balance of abiotic will be disrupted, for example, the sediment will be retained in the upstream and downstream erosion will occur, and this causes a water deficit in the downstream. The natural balance of biotic will also be disrupted, for example, a dissolution of the nutrients flow and the migration routes of water fauna. With these existing problems, it is expected that fish and the other aquatic habitats would be able to go through this blockade (the barrage). Fishway is designed in accordance to the ecological capacity and the barrage capacity itself. The analysis result shows that the pool passage design with sectional channels is considered to meet these criteria. In accordance with the need of fish migration and the suitability of the design, a fishway with a length of 23.75 m, a width of 1.5 m and the tiered bulkhead varies from 1 m to 1.35 (there are 20 bulkhead) is obtained. This fishway has a flow rate of 0.115 m<sup>3</sup>/sec so it can be passed by medium to fast swimmer types of fish.*

**Keyword** : Dam, Barrage, Ekosistem, Fishway, Pool Passage.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## Daftar Istilah

Abiotik	: komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari benda-benda tak hidup
Appendix	: Acuan utama
Apron	: Lataran / Teras
Base flow	: Aliran dasar yang biasanya selalu ada pada suatu saluran atau sungai
Bendung Gerak	: Jenis bendung yang tinggi pembendungannya dapat diubah sesuai dengan yang dikehendaki.
Benthos Vertebrata	: Spesies vertebrata yang dalam kelompok khusus melakukan pergerakan dari hilir ke hulu
Biotik	: komponen lingkungan yang terdiri atas makhluk hidup
Bottom slope	: konstruksi saluran yang memiliki kemiringan yang besar antara 1:20 sampai 1:30
Bypass channel	: Jalur lewatan
Culverts	: Gorong-gorong bisa berupa box atau silinder
Denil	: Lorong yang terdiri dari bilik-bilik atau sekat sekat melintang
Dependable Discharge	: Debit andalan ; biasanya terdiri dari debit andalan 50% , 80% , atau 100%
Direct Run Off	: Aliran permukaan yang langsung mengalir tanpa tertahan
Diversifikasi	: Penganekaragaman

Duration Curve : Kurva durasi yang menunjukkan hubungan debit terhadap waktu

Eel Ladders : Tangga ikan yang lebih khusus untuk lintasan ikan sepat

Ekologi : Ilmu yang mempelajari baik interaksi antar makhluk hidup maupun interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya

Ekosistem : Suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya

Elver : Kawan ikan sidat

Evaporasi : Penguapan pada permukaan air akibat pemanasan alami

Fish Lock : Tipe fishway teknis dengan bantuan pompa hidrolik

Fish ramp : Jalur lewat ikan yg landai

Fishway : Saluran yang dibuat di samping bendung yang bertujuan untuk jalur migrasi ikan-ikan dan biota sungai yang berada di sekitarnya.

Flow Characteristic : Karakteristik aliran

Flow Similiarity : Kesamaan Aliran

Fluktuasi : Selisih atau perbedaan antara tinggi suatu benda

Freeboard : Area bebas yang tidak ada halangan diantaranya

FSL : Full Supply Level

HHTL : Highest Hight Tidal Level

Highly Turbulent	: Pergolakan yang sangat tinggi
Hipotetic	: Dugaan sementara
Hoist deck	: Geladak angkutan
Hoist tower	: Menara pengangkut
Infiltrasi	: Masuknya air yang ada di permukaan ke dalam tanah
Inflow	: Aliran yang masuk
Kecepatan burst	: Kecepatan tertinggi yang bisa dicapai
KMnO <sub>4</sub>	: Kalium Permanganat, dalam hal ini cairan berwarna ungu
Laminer	: Aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain.
LLTL	: Lowest Low Tidal Level
LWL	: Low Water Level
MHTL	: Mean High Tidal Level
Migrasi	: Perpindahan secara permanen atau periodik dari suatu daerah ke daerah lain.
Migratory species	: Spesies ikan atau biota sungai lainnya yang melakukan migrasi dari hulu ke hilir atau dari hilir ke hulu
Mikrohabitat	: Habitat yang bersifat mikro atau berbentuk kecil
MLTL	: Mean Low Tidal Level
MOL	: Mean Over Low

Outflow	: Aliran yang keluar
Pool passes	: Tangga ikan yang tersusun atas kolam-kolam
Populasi	: Sekumpulan individu dengan ciri-ciri yang sama
<i>Pre-eliminary Design</i> : Desain awal atau estimasi desain	
Presipitasi	: Jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda
Rachen	: Saluran penyaring sampah atau penghalang lainnya
Ramp	: Konstruksi saluran yang memiliki kemiringan yang kecil antara 1:3 sampai 1:10
Reservoir	: Tempat/daerah/wadah yang memiliki kemampuan untuk menampung
Skala makro	: Skala perbandingan yang besar
Skala meso	: Skala perbandingannya hanya satu
Skala mikro	: Skala perbandingan yang kecil
Swamp Area	: Area tergenang biasanya berada di dekat atau sekitar sungai bagian hilir
Terdisipasi	: Tercampur oleh zat-zat lainnya
Top soil	: Tanah lapisan atas
Turbulen	: Aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling berinteraksi
Vertical Slot	: Tangga
Viskositas	: Kekentalan cairan

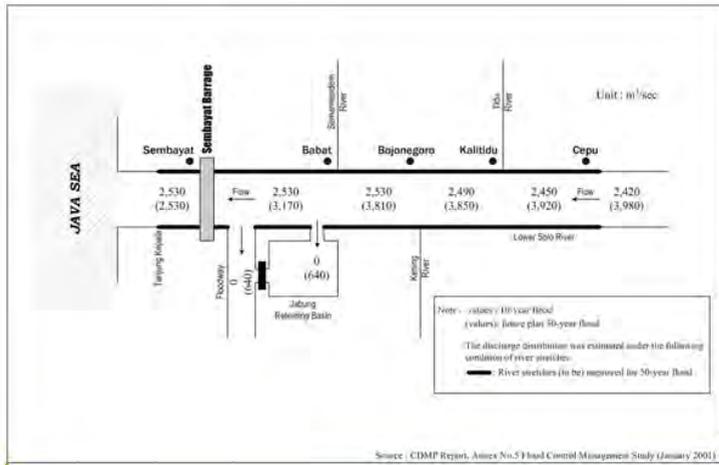
## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Untuk menunjang penyelesaian Tugas Akhir ini maka dibutuhkan studi pustaka atau studi literatur. Studi ini dilakukan sebelum lebih jauh membahas topik permasalahan yang ada. Studi pustaka ini juga dimaksudkan untuk membantu penulis memberikan solusi dari permasalahan. Adapun studi pustaka ialah sebagai berikut :

#### **2.1 Debit Andalan**

Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Dalam perencanaan proyek-proyek penyediaan air terlebih dahulu harus dicari debit andalan (*dependable discharge*), yang tujuannya adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai (Soemarto, 1987). Perhitungan ini menggunakan cara analisis *water balance* dari Dr.F.J. Mock berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran. Prinsip perhitungan ini adalah bahwa hujan yang jatuh di atas tanah (presipitasi) sebagian akan hilang karena penguapan (evaporasi), sebagian akan hilang menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian akan masuk tanah (infiltrasi). Infiltrasi mula-mula menjenuhkan permukaan (*top soil*) yang kemudian menjadi perkolasi dan akhirnya keluar ke sungai sebagai *base flow* (Soewarno, 2000).



**Gambar 2.1** Pendistribusian Debit yang masuk ke Bendung Gerak Sembayat (Sumber: *Introduction Design Concept in Design Criteria of bendung Gerak Sembayat*)

Terdapat empat metode untuk analisa debit andalan (Montarchi, 2009) antara lain :

### 2.1.1 Metode Debit Rata-rata Minimum

Metode debit rata-rata minimum, karakteristik metode debit rata-rata minimum antara lain dalam satu tahun hanya diambil satu data (data debit rata-rata harian dalam satu tahun), metode ini sesuai untuk daerah aliran sungai dengan fluktuasi debit maksimum dan debit minimum tidak terlalu besar dari tahun ke tahun serta kebutuhan relatif konstan sepanjang tahun.

### 2.1.2 Metode Flow Characteristic

Metode *flow characteristic*, berhubungan dengan basis tahun normal, tahun kering dan tahun basah. Yang dimaksud debit berbasis tahun normal adalah jika debit rata-rata tahunannya kurang lebih sama dengan debit rata-rata keseluruhan tahun.

Untuk debit berbasis tahun kering adalah jika debit rata-rata tahunannya lebih

kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun. Sedangkan untuk debit berbasis tahun basah adalah jika debit rata-rata tahunannya lebih kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun. Metode ini cocok untuk DAS dengan fluktuasi debit maksimum dan debit minimum relatif besar dari tahun ke tahun, kebutuhan relatif tidak konstan sepanjang tahun, dan data yang tersedia cukup panjang. Keandalan berdasar kondisi debit dibedakan menjadi 4 antara lain :

- 1) Debit air musim kering, yaitu debit yang dilampaui debit-debit sebanyak 355 hari dalam 1 tahun, keandalan : 97,3 %
- 2) Debit air rendah, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam 1 tahun, keandalan : 75,3 %
- 3) Debit air normal, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam 1 tahun, keandalan : 50,7%.
- 4) Debit air cukup, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam 1 tahun, keandalan : 26,0%.

### 2.1.3 Metode Tahun Dasar Perencanaan

Metode Tahun Dasar Perencanaan, analisa debit andalan menggunakan metode ini biasanya digunakan dalam perencanaan atau pengelolaan irigasi. Umumnya di bidang irigasi dipakai debit dengan keandalan 80 %, sehingga rumus untuk menentukan tahun dasar perencanaan adalah sebagai berikut :

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1$$

Dimana :

- n = Kala ulang pengamatan yang diinginkan  
 R80 = Debit yang terjadi < R80 adalah 20%

### **2.1.4 Metode Bulan Dasar Perencanaan**

Metode Bulan Dasar Perencanaan, analisa debit andalan menggunakan metode ini hampir sama dengan Metode *Flow Characteristic* yang dianalisa untuk bulan-bulan tertentu. Metode ini paling sering dipakai karena keandalan debit dihitung bulan Januari sampai dengan Bulan Desember, jadi lebih bisa menggambarkan keadaan pada musim kemarau dan penghujan.

## **2.2 Analisa Kebutuhan Air**

Pada umumnya bendung hanya digunakan pada tempat yang kecil debitnya, mengingat pembangunan bendung yang besar untuk pengukuran aliran memerlukan biaya yang besar. Jika permukaan air di hulu bendung sudah diketahui, maka debit dapat dihitung. Jadi permukaan air di hulu bendung harus dicatat (Sosrodarsono, 2006). Untuk menghitung besarnya debit intake yang datanya bersifat *hipotetic* menggunakan nilai modus. Angka modus lebih bermanfaat sebagai angka prakiraan besarnya nilai tengah dan sebagai indikasi pusat penyebaran data (Chay.2004). Adapun Bendung Gerak ini akan memenuhi kebutuhan-kebutuhan seperti :

### **2.2.1 Kebutuhan Air Irigasi**

Pola tata tanam akan memberikan gambaran tentang jenis dan luas tanaman yang akan diusahakan dalam satu tahun. Pola tata tanam yang direncanakan untuk suatu daerah irigasi merupakan jadwal ketersediaan airnya. Berbagai jenis tanaman mempunyai kebutuhan air yang bervariasi, bergantung pada jenis dan tahap pertumbuhan tanaman. Berbagai jenis tanaman untuk pertumbuhannya memerlukan kebutuhan air yang berbeda. Bila kebutuhan air tersebut dibandingkan dengan kebutuhan air untuk tanaman polowijo, maka nilai/angka-angka tersebut dinamakan koefisien tanaman atau luas polowijo relatif (LPR), (I Gede, 2009).

**Tabel 2.1** Harga K untuk berbagai jenis tanaman

Jenis Tanaman	Faktor Tanaman (pol)
Padi (periode pembibitan)	20
Padi (periode persiapan lahan)	6
Padi (masa pertumbuhan)	4
Tebu (masa muda)	1,5
Tebu (masa dewasa)	0
Polowijo	1
Tanah kosong	0
Padi liar	1
Tembakau	1

(Sumber : *Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air Pada DAS Sampean oleh Indra Kusuma Sari*)

Pada metode ini harga dasar LPR ditentukan 1,0 (polowijo) berdasarkan pada kebutuhan air tanaman polowijo dan faktor-faktor lain ditentukan berdasarkan jenis tanaman dengan persamaan:

$$\text{Nilai LPR} = \text{Luas} \times k$$

Dimana :

Nilai LPR = Nilai luas polowijo relative (pol.ha)

Luas = Luas lahan yang ditanami (ha)

K = Faktor tanaman (pol)

Total nilai LPR didapat dari jumlah nilai LPR untuk tiap jenis tanaman dalam tiap tahap.

### 2.2.2 Kebutuhab Air Rumah Tangga

Kebutuhan air rumah tangga adalah air yang diperlukan untuk rumah tangga, biasanya diperoleh dari sumur dangkal, perpipaam, hidran umum.

**Tabel 2.2** Standar Kebutuhan Air Rumah Tangga Berdasarkan Jenis Kota dan Jumlah Penduduk

Jumlah Penduduk	Jenis Kota	Jumlah Kebutuhan Air (l/org/hari)
> 2.000.000	Metropolitan	>210
1.000.000 – 2.000.000	Metropolitan	150 - 210
500.000 – 1.000.000	Besar	120 – 150
100.000 – 500.000	Besar	100 - 120
20.000 – 100.000	Sedang	90 – 100
3.000 – 20.000	Kecil	60 - 100

(Sumber : *Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air Pada DAS Sampean oleh Indra Kusuma Sari*)

Kebutuhan air non domestik :

1. Kota Besar :  $(30-45) \% \times$  kebutuhan air domestik.
2. Kota Sedang  $(20-30) \% \times$  kebutuhan air domestik.
3. Kota Kecil :  $(10-20) \% \times$  kebutuhan air domestik.

### 2.2.3 Kebutuhan Air Industri

Standar kebutuhan air industri ini berdasarkan proses atau jenis industri yang ada pada wilayah yang akan dikembangkan dan rencana jumlah pekerja pada industri tersebut. Besarnya standar kebutuhan air industri adalah sebagai berikut:

- a. Untuk pekerja industri  
Kebutuhan air untuk pekerja industri merupakan kebutuhan air domestik yang telah disesuaikan dengan kebutuhan pekerja pabrik. Adapun jumlah kebutuhan air tersebut adalah 60 liter/pekerja/hari.
- b. Untuk proses industri diklasifikasikan pada **Tabel 2.3**

**Tabel 2.3** Kebutuhan Air industry Berdasarkan Beberapa Proses Industri

Jenis Industri	Jenis Proses Industri	Kebutuhan Air (l/hari)	Mutu Air
Industri rumah tangga	Belum ada, rekomendasi dapat disesuaikan dengan kebutuhan air rumah tangga.		Disesuaikan dengan proses industri
Industri kecil			
Industri sedang	Minuman ringan	1.600 – 11.200	
	Industries	18.000 – 67.000	
	Kecap	12.000 – 97.000	
Industri besar	Minuman ringan	65.000 – 78 juta	
	Industri pembekuan ikan dan biota perairan lainnya	225.000 – 1,35 juta	
Industri tekstil	Proses pengolahan tekstil	400 – 700 l/kapita/hari	

(Sumber : *Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air Pada DAS Sampean oleh Indra Kusuma Sari*)

#### 2.2.4 Kebutuhan Air Perikanan

Budidaya ikan air tawar, dalam hal ini adalah kolam, mempunyai pengertian teknis yaitu suatu perairan buatan yang luasnya terbatas, sengaja dibuat manusia dan mudah dikuasai. Mudah dikuasai dapat diartikan mudah diisi, dikeringkan, dan mudah diatur menurut kehendak kita. Secara kuantitatif air yang diberikan harus mampu mengairi seluruh areal perkolaman, sehingga budidaya ikan tidak tersendat-sendat dan kolam bisa dipergunakan sebagaimana mestinya. Debit air yang baik untuk kolam diusahakan tidak kurang dari 10-15 lt/dt/ha.

### 2.3 Neraca Air

Perhitungan neraca air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di proyek yang bersangkutan (KP-01,1986). Penyusunan neraca air di suatu tempat dan pada suatu tempat dimaksudkan untuk mengetahui jumlah netto dari air yang diperoleh sehingga dapat diupayakan pemanfaatannya sebaik mungkin (I Gede. 2009).

Ada dua unsur pokok dalam perhitungan neraca air yaitu (KP-01,1986) :

1. Analisa Kebutuhan Air.
2. Analisa Ketersediaan Air (Debit Andalan).

Menurut Mather (1978) istilah neraca air mempunyai beberapa arti yang berbeda tergantung dari skala ruang dan waktu :

1. Skala makro : neraca air dapat digunakan dalam pengertian yang sama seperti siklus hidrologi, neraca global tahunan dari air di lautan, atmosfer dan bumi pada semua fase.
2. Skala meso : neraca air dari suatu wilayah atau suatu drainase basin utama.
3. Skala mikro : neraca air yang diselidiki dari lapangan bervegetasi, tegakan hutan atau kejadian individu pohon.

Dalam perhitungan neraca air, kebutuhan pengambilan yang dihasilkan untuk pola tanam yang dipakai akan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulan dan luas daerah yang dialiri. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah proyek irigasi adalah tetap karena luas maksimum daerah layanan dan proyek akan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai.

Bila debit sungai tidak melimpah dan kadang-kadang terjadi kurang debit, maka ada 3 pilihan yang dapat dipertimbangkan :

1. Luas daerah irigasi dikurangi.  
Bagian-bagian tertentu dari daerah yang bisa dialiri (luas maksimum daerah layanan) tidak akan dialiri.
2. Melakukan modifikasi dalam pola tanam.  
Dapat dilakukan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah. Agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
3. Rotasi teknik atau golongan.  
Untuk mengurangi kebutuhan puncak air irigasi. Rotasi teknik atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang kompleks dan dianjurkan hanya untuk proyek irigasi dengan luas sekitar 10.000 ha atau lebih.

Neraca air merupakan perimbangan antara masukan (*input*) dan keluaran (*output*) air di suatu tempat pada suatu saat/periode tertentu. Dalam perhitungan digunakan satuan tinggi air (mm atau cm). Satuan waktu yang digunakan dapat dipilih satuan harian, mingguan, decade (10 harian), bulanan ataupun tahunan sesuai dengan keperluan (I Gede, 2009).

## **2.4 Pre-eliminatory Design Bendung Gerak**

Dari alternatif lokasi yang telah dipilih maka ditentukan bahwa Bendung Gerak Sembayat terdiri dari tubuh utama (slab dan dermaga), apron, sungai dan perlindungan sungai, jembatan inspeksi, gerbang, bangunan pelengkap dan sebagainya. Adapun kriteria desain yang dirancang berdasarkan beberapa hal di bawah ini :

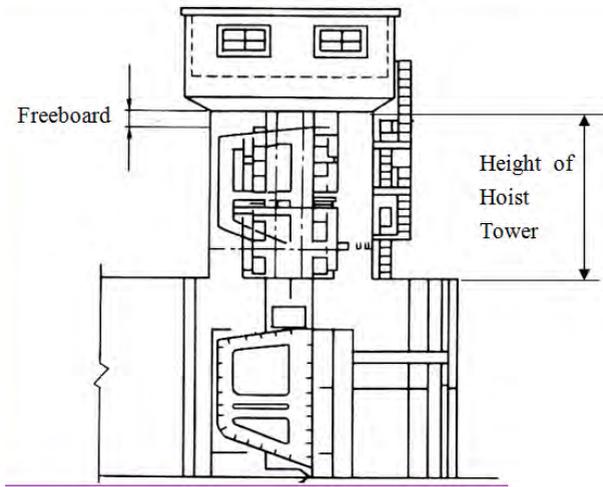
### **2.4.1 Tubuh Utama**

1. *Hoist Deck*

Ukuran *hoist deck* ditentukan dari tata letak *hoist*, panel operasi dan ruang yang dibutuhkan dari operasi dan pemeliharaan.

2. *Hoist Tower*

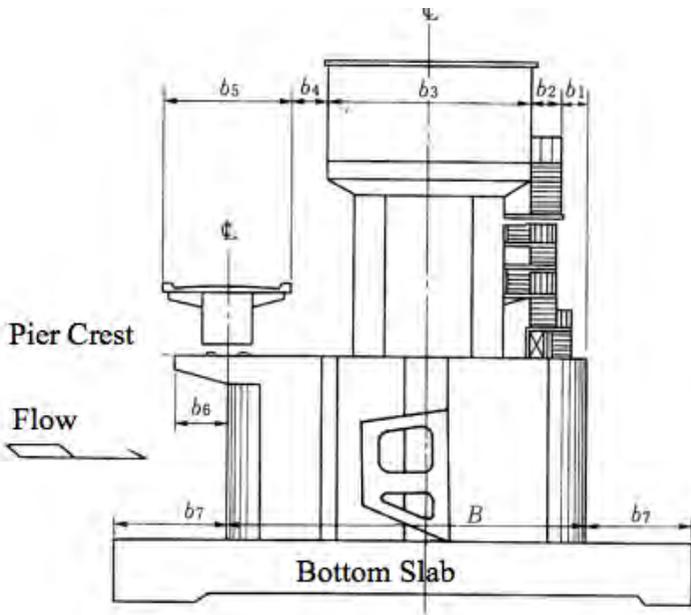
Tinggi menara *hoist* ditentukan dari *freeboard* ditarik garis hingga ke atas pintu gerbang.



**Gambar 2.2** Posisi *freeboard* serta tinggi hoist tower (Sumber: Introduction Design Concept in Design Criteria of Bendung Gerak Sembayat)

### 3. Lebar Pile

Lebar Pier ditentukan dari tata letak jembatan, kerekan dek, tangga untuk hoist dek, pemberhentian perangkat log dan sebagainya.



**Gambar 2.3** Penjelasan bagian-bagian pada *Pier* (Sumber: *Introduction Design Concept in Design Criteria of bendung Gerak Sembayat*)

Keterangan :

- B = Lebar Pier
- b1 =  $\pm 1/2 \times t$  (ketebalan dermaga)
- b2 = Lebar Diperlukan tangga
- b3 = Lebar deck Hoist
- b4 = Ruang yang diperlukan untuk pengunci
- b5 = Lebar jembatan Inspeksi

b6 = Panjang Ekstensi

b7 = Panjang perpanjangan slab bawah.

4. Lebar Bawah Slab

Lebar slab bawah ditentukan dari lebar dan panjang dermaga ekstensi untuk menuju hulu dan arah hilir.

5. Ketebalan Pier

Ketebalan dermaga ditentukan dari sudut pandang struktural. Pemblokiran ukuran gerbang harus dipertimbangkan untuk memutuskan ketebalan.

Rumus empiris ketebalan adalah sebagai berikut;

$$t \approx \left( \frac{1}{10} t_o \frac{1}{13} \right) \times B, \text{ dan}$$

$$t = 0.12(D_p + 0.2B) \pm 0.25m$$

dimana :

t = Lebar dermaga (m)

B = p (m)

Dp = Ketinggian pier (m)

6. Tebal Bawah Slab

Ketebalan slab bawah ditentukan dari stabilitas untuk mengangkat. Umumnya, ketebalan minimum pelat bawah adalah dinilai dari rumus berikut.

$$d \geq \frac{W - w}{5}$$

dimana :

d: = Tebal pelat bawah (m)

W = Lebar ke arah sudut kanan sungai pelat bawah (m)

W = Tebal dermaga (m)

### 2.4.2 Apron

#### 1. Apron Hilir

Fungsinya dari apron hilir adalah sebagai berikut :

- a. Untuk melindungi erosi dasar sungai dan untuk menjaga kestabilan tubuh bertubi-tubi dari aliran atas dan di bawah kondisi aliran.
- b. Untuk melindungi erosi dasar sungai dan untuk menjaga kestabilan tubuh bertubi-tubi dari aliran kontraksi dan vortex oleh dermaga.
- c. Pengaruh selimut horisontal untuk mengurangi kecepatan rembesan dan pengangkatan.

Apron hilir akan direncanakan sesuai dengan fungsi-fungsi di atas.

### 2.4.3 Perlindungan Sungai

Perlindungan dasar sungai yang diperlukan memiliki fungsi sebagai berikut :

- 1.) Perlindungan terhadap gerusan pada hilir sungai untuk menyesuaikan kecepatan yang sesuai dengan material dasar hilir sungai dan untuk mengurangi tinggi kecepatan aliran yang melalui pintu gerbang .
- 2.) Pengendalian terhadap gerusan dan perlindungan terhadap pusaran air untuk membuat transisi antara apron dan sungai .

Tinggi dan panjang perlindungan dasar sungai hilir diperkirakan dengan menggunakan rumus Bligh. Meskipun rumus Bligh telah sering digunakan, hambatan aliran karena situasi arus dan riprap sendiri tidak dipertimbangkan dalam formula. Hal ini memungkinkan untuk dapat memperkirakan lingkup pembangunan riprap tersebut.

#### 2.4.4 Jembatan Inspeksi

Jembatan Inspeksi disediakan untuk dermaga di hulu atau hilir. Jembatan ini menggunakan tidak hanya pemeriksaan tetapi juga akses jalan ke desa-desa. Beban hidup dianggap kelas 25 ton truk crane untuk tujuan pemeliharaan.

#### 2.5 Fishway (Tangga Ikan)

Sungai dan arus migrasi para ikan terkait erat dalam pemenuhan siklus pergerakan hulu dan hilir. Urutan ini tergantung pada habitat hidup ikan, lokasi, dan jenis migrasi. Umumnya, migrasi hilir adalah fitur dari tahap awal kehidupan atau kelahiran, sementara migrasi hulu adalah fitur dari kehidupan dewasa. Ikan bermigrasi untuk bertelur, untuk memberi makan dan untuk berlindung dari predator atau kondisi lingkungan yang berbahaya. Ikan tetap dapat melakukan imigrasi jika hambatan-hambatan tersebut masih alami seperti air terjun, akan tetapi konstruksi manusia seperti bendungan, bendung dan gorong-gorong dapat menghambat arus air, serta migrasi ikan dapat menjadi lambat atau berhenti sama sekali.

*Fishway* (atau juga disebut *fish ladder*, *fish passage* serta tangga ikan) adalah jalur air yang dirancang untuk memungkinkan bagian dari sebuah spesies atau sejumlah spesies ikan yang berbeda melewati halangan tertentu. sementara dalam banyak kasus fishways dibangun untuk petelur dewasa dan dalam beberapa kasus juga migrasi ikan remaja dapat menjadi peluang terjadi selanjutnya. Untuk ikan dewasa, migrasi ini sangat penting untuk kelangsungan reproduksi beberapa spesies ikan dewasa serta untuk ikan remaja, migrasi merupakan usaha untuk mencari makan dan bersembunyi dari predator.

Pembangunan tangga ikan pada sebuah bendungan, bendung dan sejenisnya harus menjadi pertimbangan penting untuk keberlangsungan ekosistem sekitarnya. Desain kriteria pada tangga ikan harus sesuai dengan tingkat migrasi ikan, ukuran yang sesuai dan jenis *ladder* yang tepat. Hal ini dimaksudkan agar ikan yang melakukan migrasi melalui ladder

tersebut tidak stress dan tetap dalam kondisi baik. desain kriteria tersebut dapat mengandung parameter-parameter seperti jenis spesies, perilaku ikan, kemampuan berenang ikan, bentuk fisik ikan, dan lama waktu migrasi. Meskipun beberapa parameter seperti tujuan migrasi, waktu migrasi, kemampuan berenang ikan serta perilaku ikan dapat diketahui dari pendekatan-pendekatan rasional, persyaratan lainnya seperti bentuk fisik, jenis spesies, tujuan migrasi sangat bergantung pada pendekatan literatur dan data-data yang sudah ada sebelumnya.

Untuk ikan yang berimigrasi ke hulu, maka kemampuan berenang mengarungi berbagai arus dan aliran merupakan komponen keberhasilan dalam melakukan migrasi. Rintangan tersebut berkisar dari daerah arus lambat, seperti kolam, bagian sungai yang lebar atau mencapai gradien aliran ringan, ke daerah arus cepat, seperti jeram, bagian sempit atau tanjakan dengan gradien curam. Ikan dapat melewati kondisi-kondisi tersebut dengan menggunakan berbagai tingkat kinerja berenang. Adapun kemampuan berenang ikan telah diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis :

1. Kecepatan *burst* (kecepatan tertinggi yang bisa dicapai dan dipelihara kurang dari 15 detik)
2. Kecepatan berkepanjangan (kecepatan moderat yang dapat dipertahankan hingga 200 menit )
3. Kecepatan berkelanjutan (kecepatan dipertahankan tanpa batas)

Di perairan alami, pada umumnya ikan menggunakan kecepatan yang berkelanjutan dan berkepanjangan ketika melakukan migrasi ke hulu dan kadang-kadang menggunakan kecepatan lebih tinggi untuk melewati daerah dengan kecuraman tinggi seperti jeram.

Dengan dibangunnya tangga ikan maka dapat memberikan manfaat seperti :

1. Mempertahankan jalur migrasi ikan meskipun terhalang dengan bangunan air baru.

2. Membangun ulang jalur migrasi yang sempit terputus akibat pelaksanaan pembangunan bendung.
3. Memperpanjang jalur migrasi dengan hambatan yang alami.

Tangga ikan yang telah diterapkan pada beberapa negara maju telah menjadi faktor utama dalam pemeliharaan ekosistem ikan terutama stok ikan salmon, contohnya ialah pada *Columbia River* (USA) dengan menyediakan akses melewati system hidroelktrikal sebuah dam. Tangga ikan juga menjadi persyaratan utama dalam pembangunan kembali migrasi salmon pada Sungai Frasher, British Columbia (Canada), setelah satu dekade lamanya beberapa populasi salmon menurun drastis dikarenakan kegagalan migrasi. Beberapa penghalang yang dibangun di atas sungai telah menyebabkan batuan-batuan besar longsor pada Hell's Gate canyon. Di danau Frazser, Pulau Kodiak, Alaska telah dibuat tangga ikan pada outlet dari air terjun alami yang ada disana. Hal itu dapat membantu ikan-ikan salmon melintasi air terjun tersebut dengan aman. Beberapa contoh di atas hanyalah contoh kecil dari manfaat yang didapat dari pembangunan tangga ikan.

### **2.5.1 Macam-macam Tangga ikan**

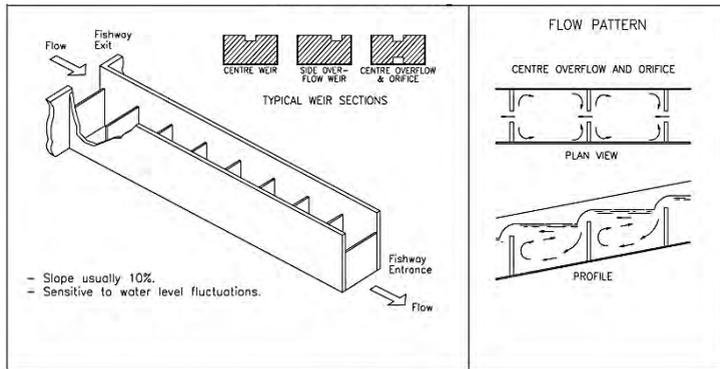
Tangga ikan biasanya berupa saluran miring yang berada di sisi bendungan, dinding saluran, atau turbin yang terbuka sehingga memungkinkan untuk ikan berenang melewatinya. Kondisi pada ujung terusan yang mengarah pada tangga ikan ini bertindak sebagai hidrolis yang menghasilkan aliran yang sesuai dengan kemampuan berenang ikan. Beberapa tangga ikan telah dikembangkan tetapi biasanya,perangkat yang terdapat pada saluran pengarah berbeda dengan yang ada pada tangga ikan. Secara umum jenis fishway dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu fishway tipe alamiah dan fishway tipe teknis.

- a. Fishway tipe alamiah antara lain:

- Konstruksi ramp dasar sungai dan konstruksi slope (bottom ramp dan slope).  
 Pada seluruh lebar sungai dibuat konstruksi ramp dengan kemiringan rendah dan kekasaran tinggi, guna mengurangi efek terjunan akibat beda tinggi hulu dan hilir. Di bagian depan dan belakang dapat dipasang konstruksi pendukung. Konstruksi dengan kemiringan 1:3 sampai 1:10 biasa disebut ramp, sedang pada kemiringan 1:20 sampai 1:30 disebut bottom slope.
  - Saluran melingkar bendung (bypass channel fishway)  
 Saluran fishway ini dibuat melingkar bendung. Konstruksi saluran dibuat sedemikian sehingga menyerupai sungai kecil. Kemiringan saluran rendah, mendekati kemiringan sungai utamanya. Perlu diperhitungkan bahwa debit yang mengalir di saluran melingkar ini tidak mengurangi kebutuhan air yang diisyaratkan bendung.
  - Konstruksi ramp ikan (fish ramp)  
 Konstruksi ini diintegrasikan dengan bendung. Lebar fishway tidak lebih dari seperempat lebar bendung. Kemiringan diupayakan serendah mungkin untuk menjamin sebagian besar ikan dapat melalui fishway ini. Pada ramp ini diperlukan batu-batuan besar yang dipasang sedemikian sehingga dapat dilalui ikan dan sekaligus dapat berfungsi sebagai peredam energi aliran.
- b. Fishway tipe teknis
- Fishway tipe pool (pool passes)  
 Prinsip fishway tipe ini adalah dengan metode mambagi-bagi head secara bertingkat dan meredam energi pada setiap tingkat, sehingga energi potensial air akan terdisipasi secara bertahap selama mengalir melalui kolam-kolam kecil pada saluran fishway ini (pada **Gambar 2.6**). Ikan nantinya akan tertarik dengan arus air yang masuk ke dalam saluran, kemudian mereka akan bergerak dan melompat atau dengan berenang (tergantung pada kedalaman air) sampai mereka melewati keseluruhan tubuh bendung (atau hambatan).

Saluran jenis ini akan sensitif terhadap kenaikan muka air sehingga membutuhkan beberapa penyesuaian.

Untuk menjamin keberlangsungan pergerakan fauna benthos maka dasar kolam-kolam kecil pada fishway perlu dibuat kasar, sehingga kecepatan di dasar kolam akan rendah.

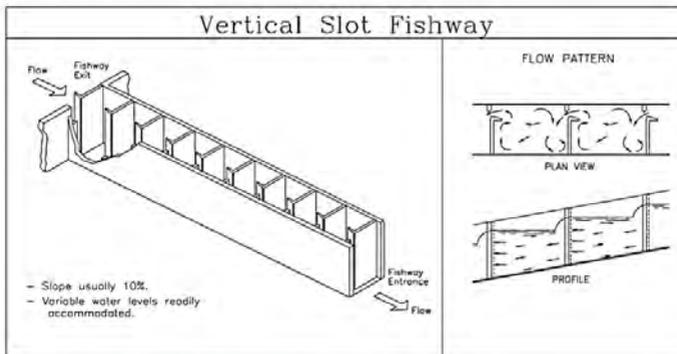


**Gambar 2.6** *Pool Passes Fishway*

(Sumber: <http://www.wra.gov.tw/public/Attachment/41110254871.pdf>.)

- Fishway tipe slot vertical (vertical slot passes)

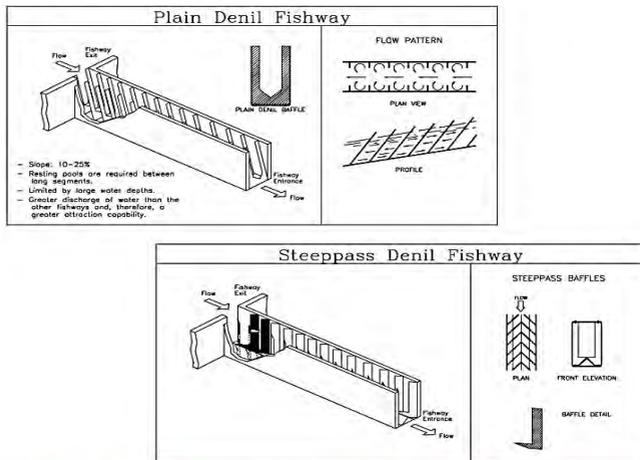
Pada *vertical slot* ini, dinding dipasang sejajar dan selang-seling hingga membuat serangkaian kolam (**Gambar 2.4**) sehingga ikan dapat dengan mudah mempertahankan posisi berenang saat memasuki kolam. Perjalanan melewati kolam membutuhkan upaya berenang yang besar untuk melalui rangkaian bilik. Kecepatan air pada bilik-bilik masih tetap sama dari atas ke bawah. Keuntungan utamanya dari *vertical slot* ini adalah kemampuannya untuk menangani variasi muka air yang besar. Biasanya perbedaan antar muka air pada kolam adalah 300 mm untuk ikan salmon dan 200 mm untuk ikan air tawar dewasa. Vertical slot fishway ini biasanya memiliki kemiringan 10% (Chris Katopodis, P.Eng., 1992).



**Gambar 2.4.** *Vertical Slot Fishway* (Sumber: <http://www.wra.gov.tw/public/Attachment/41110254871.pdf>.)

- Fishway tipe denil (denil passes/counter flow passes)
 

Dinamakan seperti nama penemunya, Denil *Fishway* terdiri dari saluran berbentuk persegi panjang dengan jarak jarak dinding penyekat yang berdekatan di sepanjang sisinya atau dipasang di bagian bawah. Dari beberapa versi *Denil Fishway* pada tahun-tahun sebelumnya tangga ikan ini sendiri sudah dikembangkan dan digunakan sebagai jalur lewat ikan. Dua dari beberapa macam *Denil Fishway* sudah digunakan saat ini dan terlihat pada gambar 2.2. Pada desain ini terdiri dari sekat sekat pendek setinggi dinding yang berada pada hulu dengan kemiringan 45 derajat dari lantai *fishway* atau dari dasar saluran.



**Gambar 2.5** Denil Fishway (Sumber:

<http://www.wra.gov.tw/public/Attachment/41110254871.pdf>.)

Aliran yang melalui *Denil fishways* sangat bergolak (*highly turbulent*), dengan pertukaran momentum besar dan kehilangan energy yang tinggi pula. Untuk dataran pada Denil, air di dalam saluran mengalir pada kecepatan yang relatif rendah dan dekat melalui bagian bawah dengan kecepatan yang lebih cepat di bagian atasnya. Untuk lewatan yang curam, pada kedalaman rendah, kecepatan cenderung lebih tinggi di dekat bagian bawah tangga ikan dan menurun ke arah permukaan air. Pada kedalaman tinggi, aliran terbagi menjadi lapisan bagian atas dan lapisan yang lebih rendah, dan profil kecepatan menjadi hampir simetris dengan kecepatan maksimum pada pertengahan mendalam. Aliran besar yang terkait dengan desain *Denil Fishways*, dapat mengurangi pengendapan sedimen dalam jalur ikan dan juga menyediakan kemampuan tarik yang baik, sehingga membantu ikan dalam mencari tangga ikan tersebut (untuk perjalanan dari hulu ke hilir). Karena ikan perlu terus-menerus berenang melewati saluran sementara itu dibuat gorong-gorong untuk beristirahat dan ditempatkan di sepanjang tangga ikan setiap 10 sampai 15 m untuk salmon dewasa dan 5 sampai 10 m untuk

spesies ikan air tawar dewasa. Lereng untuk *Denil fishways* biasanya berkisar antara 10% sampai 15% untuk ikan air tawar dewasa dan 15% sampai 25% untuk salmon dewasa (Chris Katopodis, P.Eng., 1992).

- Tangga sidat (*eel ladders*)

Sidat dikategorikan sebagai ikan katadromus, karena hidup di sungai bagian hulu dan bertelur di laut dalam. Fasilitas untuk migrasi elver ke arah hulu sangat penting terutama pada sungai bagian hilir, dimana pada kawasan tersebut ukuran elver masi relative kecil. Adapun sidat muda dan dewasa mampu menggunakan fishway yang dirancang untuk golongan ikan lainnya.

Menurut penelitian, elver yang berukuran 7 sampai 25 cm memerlukan kondisi fishway dengan hambatan aliran kecil, kekasaran dasar saluran tinggi, dan memiliki patahan-patahan kecil. Kemampuan-kemampuan elver untuk melewati rintangan vertical atau serabut-serabut kayu vertical masih kurang. Oleh karena itu diperlukan konstruksi tangga sidat muda disamping fishway pada umumnya, terutama di zona yang banyak ditemukan sidat.

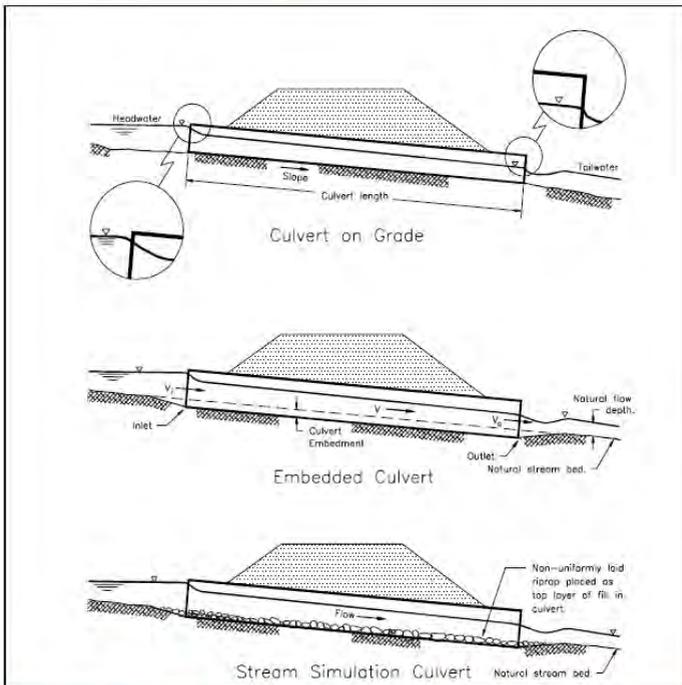
- Fishway tipe lock (*fish lock*)

Teknik fish lock sudah dikenal sejak lama sdi Belanda, Skotlandia, Irlandia dan rusia, juga di jerman. Konstruksi fish lock ini sama dengan konstruksi lock kapal. Komponen fish lock terdiri dari konstruksi ruang lock dan konstruksi ruang inlet hilir dan outlet hulu dengan beberapa pintu.

- *Culvert Fishways*

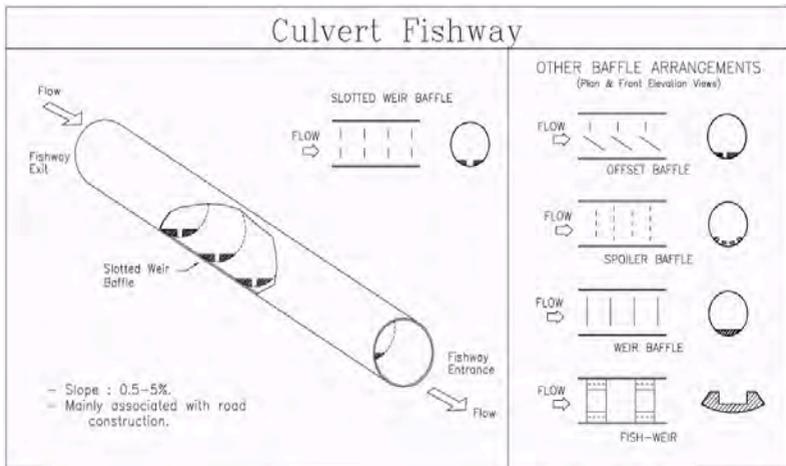
*Culvert fishways* menyalurkan air dari satu sisi ujung sebuah tanggul ke ujung satunya. *Culvert fishways* dapat dibangun secara melingkar, eliptik (berbentuk elips), dengan menggunakan pipa, setengah lingkaran atau persegi. Pemasangan *culverts* ini harus dapat dilewati oleh ikan,dengan pertimbangan khusus yang dibutuhkan untuk memastikan ikan dapat masuk, melewati *culverts* dan keluar tanpa membahayakan dan waktu

penundaan yang lama. Pada banyak kasus, *culverts* diletakkan di bawah aliran tenggelam dengan perangkat khusus seperti ribrap, dinding sekat, balok bendungan, atau pelat yang digunakan untuk membentuk *culvert fishway* (**Gambar 2.7 & 2.8**). Terutama terkait dengan pembangunan jalan, gorong-gorong untuk *culvert fishway* biasanya memiliki kemiringan lereng antara 0.5% sampai 5% (Chris Katopodis, P.Eng.,1992).



**Gambar 2.7** *Embedded Culvert dan Stream Simulation culvert*  
(Sumber:

<http://www.wra.gov.tw/public/Attachment/41110254871.pdf>.)



**Gambar 2.8 Culvert Fishways**

(Sumber:

<http://www.wra.gov.tw/public/Attachment/41110254871.pdf.>)

### 2.5.2 Cara Pemilihan Tipe Fishway

Cara memilih tipe fishway berdasarkan skala prioritas yang cocok dengan situasi dan kondisi sungai dengan bangunan melintangnya menurut Agus Maryono (2008) dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Prioritas pertama ialah bahwa sejauh mungkin alur sungai dijaga system kemenerusannya. Sungai dipertahankan sebagai system keairan terbuka dari hulu sampai hilir (9muara). Interupsi sungai harus dihindari dan seluruh kegiatan pembangunan sungai harus diupayakan menghindari pilihan untuk membangun bangunan melintang sungai. Jika kebutuhan air dari suatu sungai adalah mutlak, maka dapat dipakai alternative pengambilan samping.
2. Jika bangunan melintang tersebut sudah ada di sungai yang bersangkutan, maka perlu kajian dan penelitian apakah memungkinkan bahwa bangunan melintang sungai tersebut

didekonstruksi (dibongkar), mengingat saat ini di Indonesia ada banyak bendung yang saluran pengambilan irigasinya tidak berfungsi lagi karena perubahan lahan sawah menjadi pemukiman.

3. Jika pada poin 1 dan poin 2 tidak memungkinkan untuk dilakukan, artinya bendung masih sangat dibutuhkan, maka dilakukan kajian untuk membangun tangga ikan (fishway). Fishway prioritas pertama adalah fishway alamiah tipe ramp dapat berupa rap penuh sepanjang lebar bendung, atau ramp sebagian yang dipasang terkopel dengan bendung atau ground sill yang terkait. Jika tersedia tanah yang cukup di sekitar bangunan melintang, maka perlu dibangun fishway tipe saluran by pass dengan konstruksi saluran memanjang dan melintang mendekati kondisi alamiah.
4. Jika poin 3 tidak dapat dilaksanakan, maka perlu dibuat fishway tipe teknis (Tipe slot, tipe denil, tipe lock, dan lain-lain). Pemilihan fishway tipe teknis yang cocok untuk suatu lokasi atau kondisi sungai tertentu sampai sekarang belum ada ketentuan pokoknya. Disarankan untuk memilih tipe fishway yang memenuhi kriteria sederhana, mudah perawatannya, dan memerlukan biaya operasional yang murah. Untuk itu tipe-tipe slot, denil, dan rhomboid dianjurkan untuk dipilih. Sedangkan tipe lock dan lift termasuk yang kurang disarankan karena biaya operasional dan investasinya mahal, kecuali tersedia dana yang lebih dari cukup.

## **2.6 Perencanaan Umum Fishway**

Perencanaan umum fishway ini meliputi perencanaan Jenis dan Lokasi Fishway, Outlet Fishway, Inlet Fishway, Debit dan Kecepatan Aliran pada Bangunan Fishway.

### **2.6.1 Jenis dan Lokasi Fishway**

Secara umum jenis fishway dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu fishway tipe alamiah dan fishway tipe teknis.

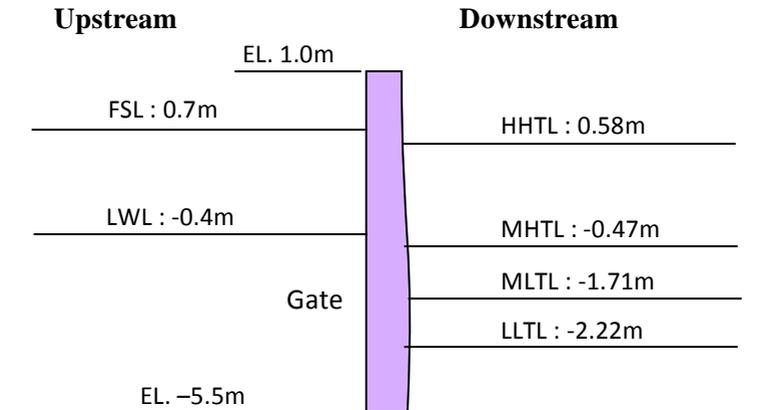
- a. Fishway tipe alamiah antara lain:
  - Konstruksi ramp dasar sungai dan konstruksi slope (bottom ramp dan slope)
  - Saluran melingkar bendung (bypass channel fishway)
  - Konstruksi ramp ikan (fish ramp)
- b. Fishway tipe teknis
  - Fishway tipe pool (pool passes)
  - Fishway tipe slot vertical (vertical slot passes)
  - Fishway tipe denyil (denil passes/counter flow passes)
  - Tangga sidat (eel ladders)
  - Fishway tipe lock (fish lock)
  - Fishway tipe lift)

### 2.6.2 Outlet Fishway

Yang dimaksud dengan outlet fishway ialah bukaan pada bagian hilir fishway yang terletak di lokasi yang selalu tergenang air. Karena agar perjalanan migrasi ikan ke hulu tidak terhalang dan fishway dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Ikan yang akan naik selalu berenang melawan arus air. Gerakan migrasi tidak dilakukan dengan memaksakan diri pada konsisi alimaran maksimum, namun tergantung dari kekuatan mereka melawan arus. Jika ikan-ikan itu tidak mampu melawan arus atau terjunan, mereka akan mencari jalan naik melalui jalan lain yang ada. Mereka akan menemukan outlet atau jalan menuju fishway dan mencoba melewatinya.

- » Elevasi minimum fishway yang direncanakan Dipakai Lowest low tidal level (LLTL) : EL.  $-2.22$  m untuk menjaga agar outlet fishway tetap tergenang air sehingga ikan dapat tetap melanjutkan migrasinya.
- » Letak fishway yang direncanakan = 3 meter dari pintu bendung agar tidak terjadi turbulen.



**Illustration of Each Water Level**

**Gambar 4.2** Ilustrasi level muka air di hulu dan di hilir bendung  
(Sumber : Appendix Study BGS)

### 2.6.3 Inlet Fishway

Inlet fishway adalah bukaan pada bagian hulu fishway. Inlet fishway dibuat dengan jarak relative jauh dengan inlet pintu pengambilan pada bendung atau dengan inlet saluran penghantar ke rumah turbin pada bendung. Dengan demikian ikan tidak terjebak masuk ke aliran yang menuju saluran irigasi atau menuju turbin.

Jarak minimal yang harus disediakan antara inlet fishway dan inlet turbin atau 'rechen' ruji ruji penghalang adalah 5 meter. Jika kecepatan air di bagian hulu lebih dari 0,5 m/dt, maka di bagian depan saluran masuk fishway harus dibuat dinding pemisah memanjang secukupnya antara aliran utama dengan aliran yang masuk ke inlet fishway.

### 2.6.4 Debit dan Kecepatan Aliran pada Bangunan Fishway

Debit yang dipakai untuk mengairi fishway pada umumnya relative kecil dibandingkan dengan debit yang mengalir pada sungai bersangkutan. Untuk menjamin bahwa setiap ikan dan juga biota kecil lainnya bias melewati fishway, maka tingkat

turbulensi aliran air pada *fishway* harus serendah mungkin. Kecepatan air pada penyempitan antara batu-batuan atau dinding penyekat dengan batuan terdekat tidak boleh lebih dari 2 m/dt. Kecepatan rata-rata pada penampang melintang *fishway* harus kurang dari 2m/dt. Aliran pada *fishway* dipersyaratkan secara umum berupa aliran sub-kritis (mengalir).

### **2.6.5 Panjang Saluran, Kemiringan, dan Kolam Penenang**

Dalam pendimensian *fishway*, beda tinggi muka air maksimum antar kolam pada *fishway* juga perlu diperhatikan. Beda tinggi muka air antar kolom pada *fishway* yang diijinkan adalah sebesar 20 cm (0,20 m). Di atas nilai ini dapat menghasilkan aliran dengan kecepatan melebihi 2 m/dt serta kemiringan memanjang *fishway* tidak melebihi 1:15.

Pada *fishway* harus dilengkapi dengan kolam penenang atau zona tenang, dimana ikan dapat beristirahat jika memerlukan saat menuruni *fishway*. Zona tenang pada *fishway* tipe ramp, *fishway* tipe lock, dan *fishway* tipe poop passes perlu dibuat. Pada tipe-tipe lain yang tidak ada zona tenang, perlu dibuat kolam penenang dengan tingkat turbulen rendah. Ukuran dimensi kolam penenang berlaku bahwa kerapatan tenaga dan kehilangan energy tidak lebih dari 50 W/m<sup>3</sup>.

Secara umum batasan beda tinggi bagi ikan untuk naik tangga secara menerus adalah 2 m. pada setiap 2 m beda tinggi perlu diberi kolam penenang, meskipun untuk jenis-jenis ikan tertentu dapat berbeda. Misalnya ikan salmon mampu mencapai beda tinggi 10 m dan golongan Cyprinide mampu mencapai beda tinggi 6-8 m.

### **2.6.6 Pembuatan Dasar Saluran Fishway**

Konstruksi dasar saluran *fishway* disusun menggunakan batuan batuan kasar dengan variasi tinggi, sehingga terdapat diversifikasi kedalaman muka air pada saluran *fishway* yang cukup dengan kedalaman minimal 0,2 m. Jenis batuan diupayakan sbisa mungkin berasal dari batuan setempat agar

kondisi alamianya tetap terjaga. Rongga-rongga pada batuan yang di pasang ini juga dimaksudkan sebagai tempat berlindung mikroorganisme untuk berlindung.

### **2.6.7 Waktu Berfungsinya Fishway**

Waktu berfungsinya fishway atau waktu dimana ikan akan menaiki dan menuruni fishway sangat bergantung dari jenis ikan yang ada di sungai tersebut. Demikian juga kapan migrasi ijab berlangsung sangatlah bervariasi. Misalnya, di daerah empat musim seperti Eropa, golongan Cyprinidae akan bermigrasi pada musim semi dan musim panas, sedang ikan salmon bermigrasi pada pertengahan musim dingin. Sedang migrasi fauna benthos invertebrate berlangsung bersesuaian dengan periode perkembangan tumbuhan pinggir sungai.

Pola waktu migrasi sangat bervariasi pada migrasi harian tergantung pada jenis ikan dan benthos invertebrate yang bersangkutan. Pada fauna benthon invertebrate, migrasi dilakukan pada waktu sore hari dan malam hari. Sedang untuk jenis ikan tidak ada kesamaan saat migrasi, bahkan dalam kurun waktu tertentu dapat bergeser. Oleh karena itu fishway harus dapat berfungsi sepanjang waktu (24 jam). Namun untuk kondisi banjir dan kering maksimum (misalnya 30 hari banjir tinggi dan 30 hari kering), fishway boleh tidak berfungsi, karena memang pada saat banjir tinggi dan kering maksimum aktivitas migrasi ikan pada umumnya tidak berlangsung, meskipun dilaporkan bahwa beberapa jenis ikan justru bermigrasi pada saat banjir, misalnya sidat (*Anguilla sp.*).

### **2.6.8 Desain Hidraulik**

Parameter di bawah ini harus mendapat perhatian penuh jika konstruksi fishway diharapkan dapat berfungsi optimal :

1. Kecepatan aliran pada lubang bukaan bawah harus kurang dari 2 m/dt ( $V_{max} = 2 \text{ m/dt}$ )
2. Debit yang mencukupi mengalir pada fishway

3. Peredaman tenaga secara volumetric (volumetric power dissipation) tidak boleh melebihi  $E = 150 \text{ W/m}^3$ . Hal ini digunakan guna menjamin tidak adanya olakan turbulen yang besar di kolam. Kecepatan aliran maksimum pada lubang bukaan bawah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V = \sqrt{2g \times \Delta h} \quad (5.10)$$

Dengan  $\Delta h$  = beda tinggi antara dua kolam yang berurutan

Persamaan tersebut dibatasi oleh kecepatan aliran maksimum yang disyaratkan yaitu 2 m/dt dan beda tinggi maksimum antara dua kolam yang berurutan yaitu 0.20 meter.

Debit yang melewati lubang bukaan bawah dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_s = \Psi \times A_s \sqrt{2g \times \Delta h} \quad (5.11)$$

Dengan  $A_s = h_s \times b_s$  (lihat gambar 4.5)

$Q_s$  = debit yang melewati lubang bukaan bawah

$\Psi$  = koefisien debit

Koefisien debit  $\Psi$  sangat dipengaruhi oleh lubang bukaan bawah serta susunan dan kekasaran batuan dasar saluran. Koefisien debit untuk keperluan perencanaan dapat diambil angka  $\Psi = 0.65$  s.d. 0.85.

Debit yang mengalir melalui lubang bukaan atas dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Q_s = \frac{2}{3} \mu \times \sigma \times b \times \sqrt{2g} \times h w^{\frac{2}{3}} \quad (5.12)$$

Dengan:

$Q_s$  = debit yang melewati lubang bukaan atas

Hw = beda tinggi antara muka air hulu dan hilir bendung

$\mu$  = koefisien debit ( $\mu \approx 0.60$ )

$\sigma$  = faktor reduksi debit akibat *drowned flow*

$$\sigma = \left[ 1 - \left[ 1 - \frac{\Delta h}{hw} \right]^{1.5} \right]^{0.385}$$

berlaku pada batasan  $0 \leq \frac{\Delta h}{hw} \leq 1$ , untuk  $\Delta h > hw$ , maka  $\sigma = 1$ .

Koefisien debit pada persamaan 5.11 dan 5.12 ( $\Psi$  dan  $\mu$ ) hanya dapat didekati dengan perkiraan saja, karena tergantung pada bentuk lubang bukaan bawah. Akan lebih baik jika dilakukan pengujian di laboratorium secara teliti.

Kecepatan maksimum aliran jet yang mengalir dari lubang bukaan atas dapat dihitung dengan persamaan  $V = \sqrt{2g \times \Delta h}$  (persamaan 5.10).

Untuk menguji bahwa aliran pada setiap kolam memiliki turbulensi rendah dan menghasilkan peredaman energi yang mencukupi, maka peredaman tenaga secara volumetric tidak boleh melebihi 150 s.d. 200 W/m<sup>3</sup>.

Kerapatan tenaga (*power density*) dapat diestimasi dari rumus berikut ini :

$$E = \frac{\rho \times g \times \Delta h \times Q}{b \times h \times m \times (lb-d)}$$

Dengan Q = debit total, Q = Qs + Qa

## 2.7 Flow Similiarity Pada Model Tes Hidrolika Berskala

Ada dua jenis yang dapat digunakan dalam pemakaian skala model fisik hidrolika, yaitu skala model sama (*undistorted model*) dan skala model yang tidak sama (*distorted model*). Skala model sama adalah skala yang dipakai dalam pembuatan model

dimana perbandingan skala mendatar dan skala tegak adalah sama. Sedangkan skala model yang tidak sama adalah perbandingan antara skala mendatar dan skala tegak yang tidak sama. Hubungan skala (*scale relation*) yang digunakan untuk pembuatan/perencanaan model fisik dibedakan menjadi dua kelompok (de Vries, 1977:28) :

1. *Scale Law* :

Hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi (dalam hal ini adalah pada persamaan Hukum Reynolds dan Hukum Froude)

- Hukum Reynolds

Bilangan Reynolds digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda, misalnya aliran laminar dan turbulen. Bilangan Reynolds dalam mekanika fluida seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain, untuk memberikan kriteria untuk menentukan *dynamic similitude*. Jika dua pola aliran yang mirip secara geometris, mungkin pada fluida yang berbeda dan laju alir yang berbeda pula, memiliki nilai bilangan tak berdimensi yang relevan, keduanya disebut memiliki kemiripan dinamis. Aliran laminar terbentuk bila kecepatan aliran adalah rendah hingga bilangan Reynolds  $< 2000$ . Aliran akan berubah dari aliran laminar menjadi turbulen dalam rentang bilangan Reynolds  $> 3000$ . Pada rentang  $2000 < \text{Ren} < 3000$ , aliran sistem pertengahan terbentuk.

$$\text{Re} = \frac{V_p \cdot L_p}{\nu_p} = \frac{V_m \cdot L_m}{\nu_m}$$

Dimana  $V$  adalah kecepatan aliran =  $\frac{\mu}{\rho}$

Dan untuk persamaan debitnya

$$MQ = M_1^2 \times M_v = M_1^2 \times M_v^{-1}$$

- Hukum Froude

Hukum Froude menunjukkan kondisi dari kesamaan dinamik untuk aliran pada model dan prototype secara khusus dipengaruhi oleh gravitasi. Gaya-gaya yang lain, seperti ketahanan gesekan pada cairan yang kental, gaya-gaya pada pipa, gaya-gaya pada elastisitas volumetrik dan fenomena peronggaan tidak mempengaruhi aliran atau bisa jadi pengaruh-pengaruh terhadapnya dapat diabaikan, dengan batasan-batasan tertentu seperti untuk pemilihan skala model. Hal-hal ini diizinkan terutama untuk aliran permukaan bebas sebagaimana terjadi saat permodelan debit dari lubang-lubang, bangunan pengukur, dan bendung. Hal-hal tersebut merupakan pergerakan dari gelombang permukaan yang besar dan aliran pada potongan saluran terbuka yang pendek. Pada aliran kekentalan cairan yang sesungguhnya, namun, gesekan internal selalu beraksi sekaligus dengan gravitasi. Jika modelnya sama secara geometrik pada prototype dan batas-batas kondisi juga sama (seperti inflow atau kondisi outflow, kekasaran dinding dan sebagainya), kemudian persamaannya tidak hanya antara gaya-gaya yang mengacu pada gravitasi tetapi juga pada luasan yang besar antara ketahanan yang mengacu pada gesekan yang dapat dipastikan.

Ketika menganalisa persamaan dibawah gaya gravitasi yang khusus atau yang besar sekali, sehingga dapat diterima persamaan geometri sebagai basis dari persamaan mekanikal. Persamaan dasar pada kasus ini diberikan pada persamaan

(2.26); meliputi segala kebutuhan hubungan yang lebih jauh. Persamaan dasar ini juga dapat dijadikan sangat sederhana dari metode-metode sebelumnya.

$$\frac{Mv}{\sqrt{(Mg.Ml)}} = Mfr = 1 \quad \text{atau,} \quad \frac{Vm}{\sqrt{g.Hm}} = \frac{Vp}{\sqrt{g.Hp}} \quad (2.26)$$

Dan untuk skala debitnya menjadi :

$$MQ = \frac{Qp}{Qm} = \frac{Ap.Vp}{Am.Vm} = M_l^2 \sqrt{Ml} = M_l^{5/2} \quad (2.27)$$

## 2. Scale Condition :

Hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi untuk menghindari *scale effects* (dalam hal ini adalah kriteria kesebangunan). Hubungan antara model dan prototipe dipengaruhi oleh hukum-hukum sifat sebangun hidraulika. Perbandingan antara prototipe dan model disebut dengan skala model. Dalam merencanakan suatu model terdapat sifat-sifat kesebangunan model, yang amat menentukan ketelitian model tersebut.

Yang dimaksudkan dengan kesebangunan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Sebangun geometris, disebut juga dengan sebangun bentuk. Yaitu perbandingan antara ukuran analog prototipe dengan model harus sama besarnya. Perbandingan yang digunakan adalah Panjang, Luas dan Volume.

$$nl = \frac{Lp}{Lm} = \frac{\text{ukuran di prototipe}}{\text{ukuran di model}}$$

Semua ukuran pada titik sembarang di model dan prototipe harus mempunyai skala yang sama. Sebangun geometris sempurna tidak selalu mudah dicapai, sehingga kekasaran permukaan dari model yang kecil tidak mungkin merupakan

hasil dari skala model, tetapi hanya dibuat permukaan yang lebih licin daripada prototipe.

2. Sebangun kinematis, yaitu sebangun gerakan. Perbandingan yang digunakan adalah waktu, kecepatan dan debit.
3. Sebangun dinamis, yaitu kesebangunan gaya-gaya yang terjadi bila gerakannya sebangun kinematis, dan rasio dari massa yang bergerak serta gaya penyebabnya sudah homolog besarnya

## **BAB 3**

### **METODOLOGI**

Bendung Gerak Sembayat yang terletak di daerah Sembayat, Gresik, merupakan bendung yang berfungsi sebagai pencegah bahaya banjir dan penahan intrusi air asin sehingga dapat dimanfaatkan untuk air irigasi, rumah tangga, industri dan perikanan di wilayah Gresik dan Lamongan. Bendung Gerak Sembayat ini dibangun melintang sungai Bengawan Solo Hilir yang terdapat berbagai ekosistem alam di sekitarnya. Maka, untuk menjaga fungsi bendung tetap optimal serta tidak merusak ekosistem yang ada pasca dibangunnya bendung ini, maka langkah-langkah yang diambil dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

#### **3.1 Tahap Persiapan**

##### **1. Studi Lapangan**

Tahapan ini merupakan peninjauan secara langsung ke lapangan. Ini dilakukan untuk mencari informasi sebanyak-banyaknya tentang kondisi di lapangan untuk mengetahui permasalahan dan keadaan yang sebenarnya sehingga diharapkan dapat mengambil solusi atas masalah yang ada.

##### **2. Studi Literatur**

Mempelajari buku-buku literatur dan laporan-laporan yang terkait dengan wilayah studi untuk mendapatkan informasi yang lebih mendetail mengenai kawasan studi.

## 3.2 Pengumpulan Data

Merupakan kegiatan mengumpulkan data-data yang akan digunakan untuk pemecahan masalah pada wilayah studi. Data-data yang diperlukan antara lain:

### 3.2.1 Data Primer

- 1.) Pengamatan dan survey langsung di lokasi Bendung Gerak Sembayat. Dengan adanya pengamatan dan peninjauan langsung di lapangan ini, diharapkan dapat memahami keadaan dan kondisi lapangan dengan baik, sehingga studi perencanaan dapat berjalan dengan baik.
- 2.) Wawancara dengan Penduduk Sekitar
- 3.) Data dari Dinas Perikanan kabupaten Lamongan
- 4.) Foto Lokasi Bendung

### 3.2.2 Data Sekunder

Sumber data sekunder ini diperoleh dari instansi-instansi terkait seperti DPU Pengairan, DPU PSDA, Dinas Perikanan, Kontraktor dan lain-lain. Adapun data-data sekunder yang dimaksud adalah :

- 1.) Data Daerah Aliran Sungai (DAS) : Untuk mengetahui daerah aliran yang masuk ke Bendung Gerak Sembayat.
- 2.) Data Debit Sungai : Untuk menganalisa debit andalan bendung tersebut.
- 3.) Data Pre-Eliminary Desain Bendung Gerak Sembayat : Data ini digunakan merencanakan bangunan *Fishway*.
- 4.) Data habitat ikan pada DAS Bengawan Solo Hilir : Data ini digunakan untuk mengetahui macam-macam ikan yang bermigrasi serta frekuensi migrasinya.

### **3.3 Pengolahan dan Analisa Data**

Data yang telah terkumpul kemudian diolah dan dianalisa, sehingga didapatkan kesimpulan tentang kondisi bendung dan ekosistem ikan di DAS Bengawan Solo Hilir yang ada saat ini.

#### **3.3.1 Analisa Debit Andalan**

Debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya resiko kegagalan tertentu ( Montarcih, 2009). Menurut pengamatan dan pengalaman. Terdapat empat metode untuk analisa debit andalan (Montarcih, 2009) antara lain:

- a. Metode Debit Rata-rata Minimum
- b. Metode flow characteristic
- c. Metode Tahun Dasar Perencanaan
- d. Metode Bulan dasar Perencanaan

#### **3.3.2 Analisa Kebutuhan Air**

Pada umumnya bendung hanya digunakan pada tempat yang kecil debitnya, mengingat pembangunan bendung yang besar untuk pengukuran aliran memerlukan biaya yang besar. Jika permukaan air di udik bendung sudah diketahui, maka debit dapat dihitung. Jadi permukaan air diudik bendung harus dicatat (Sosrodarsono, 2006). Untuk menghitung besarnya debit intake yang datanya bersifat hipotetic menggunakan nilai modus. Angka modus lebih bermanfaat sebagai angka prakiraan besarnya nilai tengah dan sebagai indikasi pusat penyebaran data (Chay.2004).

Adapun Bendung Gerak ini akan memenuhi kebutuhan-kebutuhan seperti :

- a. Kebutuhan Air Irigasi

Pola tata tanam akan memberikan gambaran tentang jenis dan luas tanaman yang akan diusahakan dalam satu tahun.

Pada Tugas Akhir ini akan diambil sampel keseluruhan area irigasi merupakan tanaman polowijo.

b. **Kebutuhan Air rumah Tangga**

Kebutuhan air rumah tangga adalah air yang diperlukan untuk rumah tangga, biasanya diperoleh dari sumur dangkal, perpipaan, hidran umum.

c. **Kebutuhan Air Industri**

Standar kebutuhan air industri ini berdasarkan proses atau jenis industri yang ada pada wilayah yang akan dikembangkan dan rencana jumlah pekerja pada industry tersebut.

d. **Kebutuhan Air Perikanan**

Budidaya ikan air tawar, dalam hal ini adalah kolam, mempunyai pengertian teknis yaitu suatu perairan buatan yang luasnya terbatas, sengaja dibuat manusia dan mudah dikuasai. Mudah dikuasai dapat diartikan mudah diisi, dikeringkan, dan mudah diatur menurut kehendak kita. Secara kuantitatif air yang diberikan harus mampu mengairi seluruh areal perkolaman, sehingga budidaya ikan tidak tersendat-sendat dan kolam bias dipergunakan sebagaimana mestinya.

### **3.3.3 Perhitungan Neraca Air (*Water Balance*)**

Penyusunan neraca air di suatu tempat dan pada suatu tempat dimaksudkan untuk mengetahui jumlah netto dari air yang diperoleh sehingga dapat diupayakan pemanfaatannya sebaik mungkin

### **3.3.4 Analisa *Pre-eliminatory* Desain Bendung Gerak**

Pada analisa ini didapatkan rancangan bangunan Bendung Gerak Sembayat yang selanjutnya akan digunakan sebagai acua pembuatan *Fishway*.

### **3.3.5 Analisa Frekuensi Migrasi Ikan di DAS Bengawan Solo Hilir**

Analisa ini dilakukan untuk menentukan kapasitas dam desain *Fishway* yang cocok sesuai data jumlah ikan, frekuensi migrasi dan bentuk serta ukurannya.

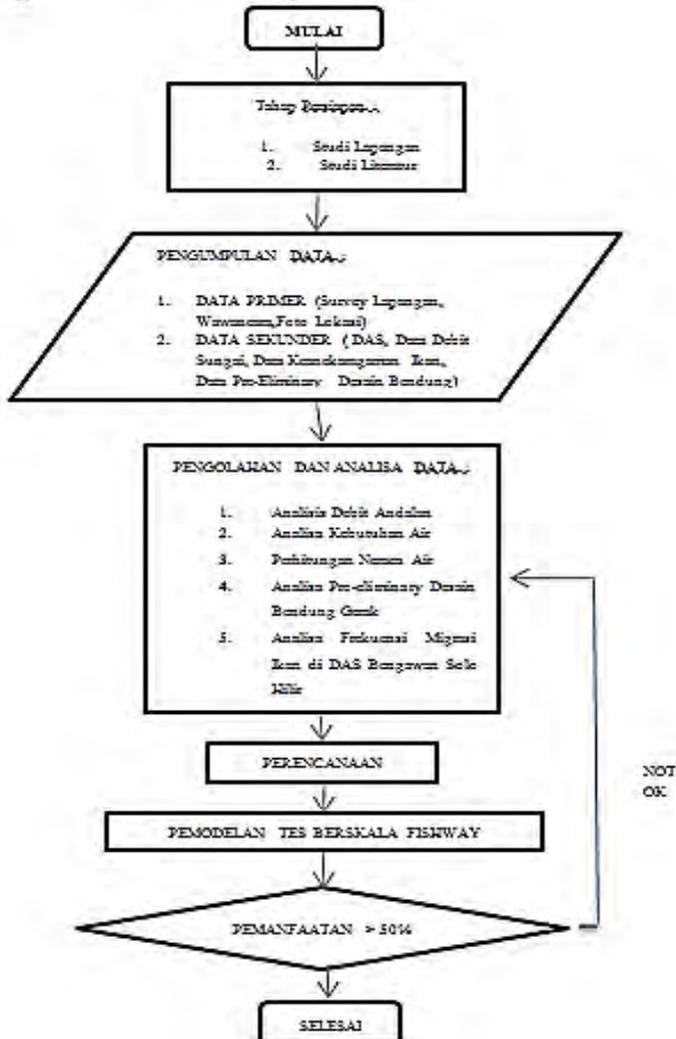
### **3.4 Studi Perencanaan *Fishway***

Setelah data-data yang didapat selesai dianalisis dan diolah maka studi perencanaan *Fishway* ini dapat dilaksanakan. Studi perencanaan ini mengacu pada berapa besar kebutuhan atau frekuensi ikan berenang dari hulu ke hilir dan sebaliknya (migrasi). Setelah didapat angka frekuensi tersebut, kemudian dianalisa ikan apa saja yang akan bermigrasi dan ukuran ikan terbesar hingga ukuran yang terkecil menjadi acuan dimensi ladder tersebut.

Setelah mendapatkan analisa spesies ikan, jumlah, frekuensi serta kemampuan berenang ikan yang ada, maka dapat ditentukan akan menggunakan jenis fishway yang mana. Macam-macam konstruksi tangga ikan yang dapat diterapkan di lokasi Bendung Gerak Sembayat adalah sebagai berikut :

1. *Vertical Slot Fishways*
2. *Denil Fishways*
3. *Weir Fishways*
4. *Culvert Fishway*

### 3.5 Diagram Alir Metodologi



Gambar 3.1 Diagram Alir

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi perencanaan fishway ini berlokasi di Bendung Gerak Sembayat (BGS), Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Studi perencanaan *fishway* ini dibuat berdasarkan beberapa analisa dan perhitungan seperti yang telah disebutkan pada Bab 3. Tahap-tahap perencanaan ini meliputi :

#### 4.1 Debit Andalan

Dalam perhitungan debit andalan ini, digunakan Metode Debit Rata-rata Minimum sebagai dasar perhitungannya. Metode ini sesuai dengan daerah penelitian yaitu daerah aliran sungainya memiliki fluktuasi debit maksimum dan debit minimum yang tidak terlalu besar dari tahun ke tahun serta kebutuhannya relatif konstan sepanjang tahun.

**Tabel 4.1.** Debit rata-rata bulanan dari Stasiun Babat

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1981	645.6	742	389.8	269.7	335.5	199.7	288.4	101.7	116.7	132.5	352.4	625.1
1982	1305.8	1378.6	1105.6	721.5	124.2	67.9	34.4	36.4	29.1	25.2	34.6	294.4
1983	807.8	821	746.9	691	844.7	225.8	79	62.6	54.7	122.9	525.6	498.1
1984	1166	1687.2	1044.7	648.9	288.8	111.4	102.5	69	246.6	212.2	139.3	751.9
1985	869.8	1026.1	1143.2	716.8	227.1	242.8	69.2	49.2	43.1	86.8	172	428.7
1986	845.4	1099.6	1147.8	1012.8	145.4	288	128.4	45.3	94.7	96.3	331.5	248.4
1987	1037.4	1281.4	830.3	200.1	104.9	109.7	37.4	20.7	16	13	65	558
1988	649.9	899.7	727.1	334.5	298.3	111.4	35	28.6	18.9	42.2	335.8	427.5
1989	806.9	978.9	704.2	539.3	339.2	625.2	263.3	72.7	31.6	44.3	199.5	386.3
1990	892.4	788.7	586.6	332.5	218.8	93.6	77	31.5	27.1	30.6	54.2	618.9
1991	890.3	1015	561.3	775.3	188.4	36.5	22.7	141	11.6	11.7	215.9	620.6
1992	931.3	1004.8	848.2	845.4	243.4	201.9	38.2	53.7	235.5	116.7	323.5	793.3
1993	981.3	977.5	730.7	884.7	193.3	206.8	40.8	20.3	19.5	18.8	152.6	472
1994	769.6	1036.9	1493.7	666.5	113.4	18	7.6	3.6	1.6	3.3	222.8	286.5
1995	406.7	1187.5	1185.6	668.8	203.7	300.9	92.5	13.9	8.3	112.1	635	814
1996	581.9	1099.3	779.2	451.4	105.4	27.4	13	21.3	9.1	53.7	508.4	669.5
1997	525.2	878.4	331.3	562	139.5	24.5	9.9	3.3	0	0	0	281.6
1998	309.1	1150.4	1255	790.3	328.1	458.5	328.5	197.9	53.8	331.8	973.4	579.3
1999	1175.7	902	1052.4	665	262.8	47.1	62.3	16.1	6.2	125.5	704.4	623.8
2000	775.7	834.1	994.2	989.1	329	109.9	38.3	28.5	41.3	173.3	297.2	179.6
2001	879	926.3	1087.2	801.7	180.8	368.2	75.3	18.6	16	182.1	157.8	102.9
2002	731.4	715.5	775.6	500.3	73.2	24.9	9.2	3.7	1.3	1	64.2	589.6
2003	820.7	1359.6	873.7	193.8	147.4	40.4	71.8	3.8	3.5	10.7	434	337.3
2004	951.3	832	1044.8	331.3	111.7	51.1	39.9	18.2	2.3	2	184.1	672.9

Sumber : Appendix design BGS

Diketahui debit maksimum harian yang masuk ke Bendung Gerak Sembayat adalah :

$$n = 24 \text{ tahun} = 8760 \text{ hari}$$

$$R = Q_{\max} - Q_{\min} \\ = 1687,20 - 0 = 1687,20 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$K = 1 + 3,3322 \log n \\ = 14,13721218$$

$$\text{Interval} = R / K = 119$$

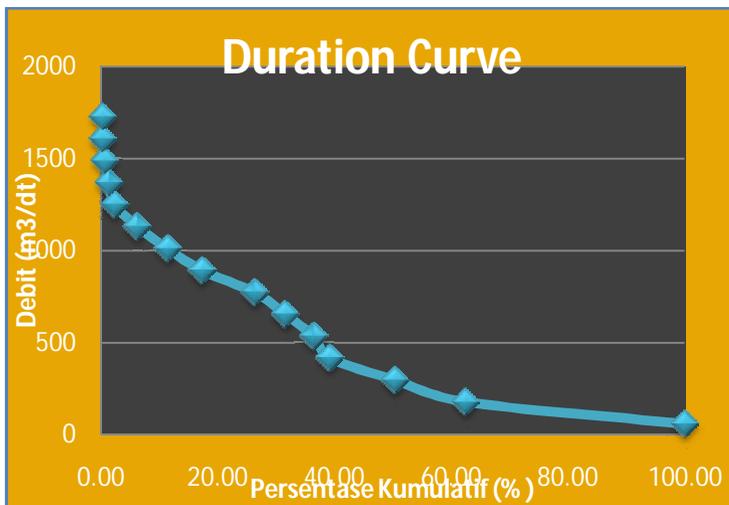
Dari perhitungan di atas maka didapat hasil frekuensi dan frekuensi kumulatif seperti pada table dibawah ini.

**Tabel 4.2.** Tabel perhitungan frekuensi kumulatif

Interval (m3/dt)			Titik Tengah	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Prosentase
0	-	119	59.5	3285	8760	100.00
119	-	238	178.5	1065	5475	62.50
238	-	357	297.5	973	4410	50.35
357	-	476	416.5	243	3437	39.24
476	-	595	535.5	426	3194	36.46
595	-	714	654.5	456	2768	31.60
714	-	833	773.5	791	2312	26.39
833	-	952	892.5	517	1521	17.36
952	-	1071	1011.5	456	1004	11.46
1071	-	1190	1130.5	335	548	6.25
1190	-	1309	1249.5	91	213	2.43
1309	-	1428	1368.5	61	122	1.39
1428	-	1547	1487.5	30	61	0.69
1547	-	1666	1606.5	0	30	0.35
1666	-	1785	1725.5	30	30	0.35
				8760		

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari hasil **Tabel 4.2** di atas maka didapatkan hasil duration curve yang kemudian diplotkan ke dalam grafik linear antara debit dan persentase frekuensi kumulatif.



**Gambar 4.1.** grafik duration curve untuk debit andalan

Perhitungan debit andalan dengan grafik yang didapat :

- Untuk 50%, maka nilai debit andalan : 986 m<sup>3</sup>/dt (harian)
- Untuk 80%, maka nilai debit andalan : 126,14 m<sup>3</sup>/dt (harian)
- Untuk 100%, maka nilai debit andalan : 59,5 m<sup>3</sup>/dt (harian)

Dari perhitungan debit andalan di atas, digunakan debit andalan 50% karena mayoritas kebutuhan air ini digunakan untuk irigasi dengan ketersediaan debit 986 m<sup>3</sup>/dt (harian).

## 4.2 Analisa Kebutuhan Air (outflow)

### 4.2.1 Kebutuhan Air Irigasi

Bendung Gerak Sembayat ini direncanakan dapat mengairi sistem irigasi persawahan pada *Jero Swamp Area* sebesar 17.181 ha dan sawah-sawah yang telah ditanami padi di bagian kiri tepi sungai hilir sebesar 3752 ha.

1. Luas Lahan yang ditanami/yang diairi =  
17181 ha + 3752 ha = 20933 ha

2. Debit yang dibutuhkan = 1,75 liter per detik per hektar sawah (<http://thexandwi.blogspot.com/2009/11/estimasi-kebutuhan-debit-air-untuk.html>)
3. Debit yang dibutuhkan =  
 $20933 \text{ ha} \times 1,75 \text{ l/det/ha} = 36632,75 \text{ l/det} = 36,637 \text{ m}^3/\text{det}$

#### 4.2.2 Kebutuhan domestik dan industrial

Air yang mengalir dari Bendung Gerak Sembayat (BGS) juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan air domestik (rumah tangga) dan kebutuhan air untuk industri yang ada di sekitarnya.

Untuk menghasilkan air bersih bagi :

- 1) Kabupaten Gresik =  $2,13 \text{ m}^3/\text{det}$
- 2) Kota Surabaya bagian utara =  $2,07 \text{ m}^3/\text{det}$
- 3) Kabupaten Bangkalan di Pulau Madura =  $2,80 \text{ m}^3/\text{det}$

#### 4.2.3 Kebutuhan Perikanan

Bendung Gerak Sembayat ini juga akan difungsikan untuk mengairi tambak ikan pada Kecamatan Bungah sebesar 3.250 ha. Sedangkan kebutuhan air untuk perikanan ialah 15 l/dt/ha.

$$\begin{aligned} \text{Keb.air perikanan} &: 3250 \text{ ha} \times 15 \text{ l/det/ha} = 48750 \text{ l/det} \\ &= 48,75 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

**Tabel 4.3.** Tabel jenis dan jumlah kebutuhan air yang harus disediakan Bendung Gerak Sembayat

No.	JENIS KEBUTUHAN AIR	JUMLAH	SATUAN
1.	Irigasi	36,637	$\text{m}^3/\text{detik}$
2.	Domestik	0,007	$\text{m}^3/\text{detik}$
3.	Industri	7,000	$\text{m}^3/\text{detik}$
4.	Perikanan	48,750	$\text{m}^3/\text{detik}$
TOTAL KEBUTUHAN AIR		92,394	$\text{m}^3/\text{detik}$

*Sumber : Hasil perhitungan*

### 4.3 Analisa Ketersediaan Air

Analisa ini dilakukan untuk mengecek apakah outflow yaitu debit air andalan yang keluar dari bendung gerak Sembayat mencukupi untuk memenuhi debit kebutuhan irigasi, domestik, industrial dan perikanan. Dari selisih debit ketersediaan yang dihasilkan ini akan digunakan untuk mengecek ketersediaannya untuk mengairi fishway.

$$\begin{aligned} \text{Ketersediaan Air} &= \text{jumlah debit andalan } 50\% - \text{kebutuhan} \\ &\text{air} \\ &= 986 \text{ m}^3/\text{det} - 92,39 \text{ m}^3/\text{det} \\ &= 893,61 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Dari jumlah ketersediaan air yang ada maka dapat disimpulkan bahwa masih ada ketersediaan air untuk mengairi saluran fishway.

### 4.4 Pre-Eliminary Design Bendung Gerak Sembayat

Pre-eliminary desain pada Bendung Gerak Sembayat perlu diketahui untuk memahami karakteristik bangunan bendung serta mengetahui ketersediaan lahan untuk Fishway. Pre-eliminary desain ini didapatkan dari data Bendung Gerak Sembayat, pengamatan lapangan, serta wawancara pihak kontraktor.

#### 4.4.1 Reservoir

- 1) Catchment Area : 15.700km<sup>2</sup>
- 2) Kapasitas Tampungan : 10.000.000 m<sup>3</sup> (FSL-LWL)  
6.000.000 m<sup>3</sup> (FSL-MOL)
- 3) Upstream Water Level
  - Full Supply Water Level (FSL) : EL. 0,700 m
  - Low Water Level (LWL) : EL. -0,400 m
- 4) Tidal Water Level (Downstream Water Level)

- Highest High Tidal Water Level (HHTL)  
Pada elevasi = EL0,58m
- Mean High Tidal Water Level (MHTL)  
Pada elevasi = EL -0,47m
- Mean Low Tidal Water Level (MLTL)  
Pada elevasi = EL.-1,71m
- Lowest Low Tidal Water Level (LLTL)  
Pada elevasi = EL.-2,20m

#### 4.4.2 **Overflow Weir**

- Barrage Type : Movable gated weir
- SurfaceElevation :EL. -5,3 m
- Width :161,0 m
- Length :27,0 m
- Thickness :3,0 m
- Foundation :Spread foundation

#### 4.4.3 **Aprons**

- 1) Upstream Apron
  - Surface Elevation :EL. -5,3 m
  - Thickness :1,5 m
  - Length :15,0 m
  - Foundation : Spread foundation
- 2) Downstream Apron (A)
  - Surface Elevation :EL. -5,3 m
  - Thickness :2,0m
  - Length :15,0 m
  - Foundation : Spread foundation
- 3) Downstream Apron (B)
  - Surface Elevation :EL. -5,3 m
  - Thickness :1,5 m
  - Length :15,0 m
  - Foundation : Spread foundation

**4.4.4 Gates**

- Gate type : Vertical fixed roller gate with flap
- Numbers of Gate : 7 nos.
- Clear Span : 20,0 m
- Gate Height : 6,3 m

**4.4.5 Riverbed Protection**

- 1) Downstream Concrete Block
  - Weight : 6 ton
  - Length : 30m
- 2) Downstream Gabion Mattress
  - Length : 70m
- 3) Upstream Concrete Block
  - Weight : 4 ton
  - Length : 15m
- 4) Upstream Gabion Mattress
  - Length : 40m

**4.4.6 Inlet Channel**

- Bed Elevation : EL. -5,30m
- Channel Bed Width : 140 m

**4.4.7 Outlet Channel**

- Bed Elevation : EL. -5,30m
- Channel Bed Width : 140 m

**4.4.8 Bridge**

- Bridge Type : PC beam concrete girder slab
- Width : 4,50 m
- Length : 21,56m (Gated portion)  
17,60m (Non-gated portion)

- Beam Height :1,60m (Gated portion)  
1,25m (Non-gated portion)

#### 4.4.9 Bypass Channel

- Width :3,5m x 1nos
- Length :98m

#### 4.4.10 Irrigation Inlet

- Width :1,75m x 1,90m x 2nos.
- Length : 109m

#### 4.4.11 Domestic Water Inlet

- Width :1,75m x 1,90 m x 2nos.
- Length : 109 m

### 4.5 Penentuan Fishway

#### 4.5.1 Karakteristik Habitat Ikan

Telah terdapat beberapa studi tentang ekosistem ikan yang ada pada sungai bengawan solo bagian hilir. Penelitian Pada stasiun pengamatan didesa Ngablak dan Simorejo (Tuban, Jawa Timur) banyak terdapat ikan lokal yang bernilai ekonomis penting yaitu Wagal (*Pangasius polyuranodon*), Tawes(*Barbodes gonionotus*), Tagih (*Mystusnemurus*), Jambal (*Pangasius nasutus*),Lumbet (*Cryptopterus* spp), Lemper(*Notopterus notopterus*), Bendol(*Barbichthys laevis*), Seren(*Cyclocheilichthys* sp), Betutu(*Oxyeleotris marmorata*), Kutuk (*Channastriata*), Sepat (*Trichogaster trichopterus*), Sili (*Macragnathus aculeatus*). Jenis ikan besar antara lainJambal dan Tagih banyak ditemukan dilubuk sungai terutama saat musimkemarau. Sedangkan di daerahLamongan dan Gresik dengan perairan yang sudahbanyak dipengaruhi pasang surut airlaut, banyak pertambahan

yang memelihara ikan Bandeng dan Mujair dan sering kali ikan tersebut lepas keperairan umum.

Berikut adalah mikrohabitat beberapa spesies ikan yang terdapat pada Sungai Bengawan solo bagian Hilir :

**Tabel 4.4.** Data jenis ikan yang terdapat pada Sungai Bengawan solo Hilir

No.	Nama Ikan	Migrasi	
		Ya	Tidak
1	Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> )	+	
2	Belanak ( <i>Mugil cephalus</i> )	+	
3	Bendol ( <i>Barbichthys laevis</i> )		-
4	Betutu ( <i>Oxyeleotris marmorata</i> )		-
5	Jambal ( <i>Pangasius nasutus</i> )		-
6	Kutuk ( <i>Channa striata</i> )	+	
7	Lele ( <i>Clarias batrachus</i> )	+	
8	Lemper ( <i>Notopterus notopterus</i> )		-
9	Lumbet ( <i>Cryptopterus spp</i> )		-
10	Sepat ( <i>Trichogaster trichopterus</i> )	+	
11	Seren ( <i>Cyclocheilichthys sp</i> )		-
12	Sili ( <i>Macrornathus aculeatus</i> )		-
13	Tagih ( <i>Mystus nemurus</i> )		-

Lanjutan Tabel 4.4

No.	Nama Ikan	Migrasi	
		Ya	Tidak
14	Tawes ( <i>Barbonymus gonionotus</i> )	+	
15	Wagal ( <i>Pangasius polyuranodon</i> )		-

Sumber : *Rekayasa Fishway*

Dari beberapa jenis tersebut maka dilakukan penelitian serta pengambilan sampel pada jenis-jenis ikan yang melakukan migrasi saja, maka didapat data anatomi seperti berikut yang selanjutnya bisa digunakan sebagai acuan perencanaan :

**Tabel 4.5.** Kriteria mikrohabitat beberapa spesies ikan pada Sungai Bengawan Solo Hilir

No.	Ikan Yang Berimigrasi	Ukuran Anatomi			Kemampuan Berenang Ikan		
		P* (cm)	L* (cm)	T* (cm)	Kuat / Lemah/ sedang	Kedalaman Air (m)	Kecepatan Air (m/dt)
1	Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> )	30	6	pipih	kuat	0.5-0.8	0.45-0.8
2	Belanak ( <i>Mugil cephalus</i> )	30	4.5	pipih	sedang	0.4-0.7	0.3-0.5
3	Kutuk ( <i>Channa striata</i> )	43	5	bulat	sedang	0.6-1.1	0.15-0.4
4	Lele ( <i>Clarias batrachus</i> )	40	3	bulat	kuat	0.3-0.6	0.4-0.75
5	Sepat ( <i>Trichogaster trichopterus</i> )	10	4	pipih	lemah	0.4-0.7	0.1-0.3
6	Tawes ( <i>Barbonymus gonionotus</i> )	36	10	pipih	sedang	0.6-1.78	0.4-0.6
	*diambil ukuran yang terbesar						

Sumber : *Rekayasa Fishway*

## 4.6 Fishway Tipe Pool Passes

### 4.6.1 Konsep Dasar

Prinsip fishway tipe ini adalah dengan metode membagi-bagi head secara bertingkat dan meredam energy pada setiap tingkat, sehingga energi potensial air dapat terdisipasi secara bertahap selama mengalir melalui kolam kolam kecil pada saluran fishway ini.

Migrasi ikan dari satu kolam menuju kolam berikutnya dilakukan dengan cara melewati lubang bukaan pada sekat melintang yang membatasi kolam satu dengan kolam berikutnya. Lubang bukaan dibuat di bagian bawah dan bagian atas. Kecepatan aliran yang cukup tinggi hanya terjadi pada lubang bukaan tersebut, dan ikan dapat beristirahat pada kolam setelah berenang menembus lubang bukaan.

## 4.7 Perencanaan dan Dimensi *Fishway*

### 4.7.1 Tampak Atas

Saluran fishway tipe *pool passes* ini biasanya berupa saluran memanjang yang berada di sisi bendung dengan sekat sekat yang membagi sehingga terlihat seperti kumpulan kolam-kolam kecil. Atau bisa juga berpakurva yang berbelok hingga 180 derajat atau berbelok-belok sesuai kondisi topografi yang ada. Perencanaan inlet perlu didesain menghindari sudut mati (*dead angles* atau *dead ends*) yang dapat menyebabkan ikan terperangkap karena tidak ada air yang mengalir atau terjadi turbulen sehingga ikan tidak dapat naik ke hulu.

### 4.7.2 Tampak Memanjang

Perbedaan tinggi muka air pada kolam satu dan kolam berikutnya menyebabkan terjadinya kecepatan aliran. Kecepatan aliran maksimum tidak boleh melebihi 2m/dt. Beda tinggi antar kolam maksimum adalah 0,20 m, namun disarankan untuk memakai beda tinggi 0,15 m.

Kemiringan memanjang yang ideal untuk kolam fishway ini dapat dihitung berdasarkan beda tinggi antar muka air hulu dan hilir ( $h_{tot}$ ) dan panjang fishway ( $l_b$ )

$$I = \frac{\Delta h}{l_b} \quad \text{persamaan 5.8}$$

$$I = \frac{2.92\text{m}}{23.75 \text{ m}} = 0.1229$$

Maka kemiringan memanjangnya 1: 8.136

Untuk nilai  $l_b = 1,00$  s.d  $2,25$  meter,  
maka kemiringan memanjang  
fishway adalah antara  $I = 1:7$  s.d  $1:15$

Kemiringan saluran fishway yang tinggi dapat dibuat dengan memendekkan fishway. Namun dengan kemiringan yang tinggi akan timbul turbulensi aliran yang tinggi pula. Turbulensi pada fishway yang tinggi ini perlu diminimalisir.

Jumlah kolam pada fishway tipe *pool passes* ( $n$ ) dihitung berdasarkan beda tinggi antara muka air maksimum di hulu (pada areal genangan bendung) dengan muka air minimum di hilir ( $h_{tot}$ ) dibagi dengan beda tinggi antar kolam ( $\Delta h$ ) yang diisyaratkan (0.15 meter).

$$n = \frac{h_{tot}}{\Delta h} - 1 \quad \text{persamaan (5.9)}$$

$$n = \frac{2.92}{0.15} - 1 = 18.467 \text{ kolam, dibulatkan menjadi } 19 \text{ kolam.}$$

#### 4.7.3 Dimensi Kolam

Fishway tipe *pool passes* ini biasanya dibuat dari beton cor atau pasangan batu, sedangkan elemen-elemen di dalamnya (misalnya sekat melintang) dapat dibuat dari kayu atau beton pracetak.

Dimensi kolam dibuat sedemikian sehingga ikan dapat berenang masuk dan keluar dengan ruang mencukupi, dan energi dapat diredam dengan tidak menimbulkan olakan turbulen yang tinggi. Di sisi lain, kecepatan aliran tidak diijinkan menjadi sangat rendah hingga terjadi pengendapan pada saluran fishway tersebut. Energi yang teredam tidak boleh melebihi 150 W/m<sup>3</sup>.

Karakter jenis-jenis ikan potensial yang ada di sungai Bengawan Solo serta jumlah ikan yang melakukan migrasi menjadi pertimbangan dalam menentukan ukuran kolam fishway. Sampai sekarang belum ditemukan hasil penelitian mengenai hubungan antara populasi ikan yang akan bermigrasi/berpindah dengan lebar fishway. Sebagai aturan umum bahwa pada sungai

dengan populasi ikan yang tinggi, fishway yang dipasang harus relatif lebar, demikian juga sebaliknya. Dari penelitian terdahulu didapat rekomendasi dimensi minimum ukuran sebagai berikut :

**Tabel 4.6** Rekomendasi dimensi untuk *fishway* tipe *pool passes* kaitannya dengan jenis ikan

Jenis Ikan yang Diperhatikan	Dimensi kolam <sup>1)</sup> (m)			Dimensi lubang bukaan bawah (m)		Dimensi lubang bukaan atas (m)		Debit yang melewati fishway (m <sup>3</sup> /dt)	Beda tinggi muka air maksimum <sup>4)</sup> Δh (m)
	Panjang (lb)	Lebar (b)	Tinggi muka air (h)	Lebar (bs)	Tinggi (hs)	Lebar (ba)	Tinggi (ha)		
Sturgeon ( <i>Acipenser sturio</i> )	5 - 6	2,50 - 3	1,50 - 2	1,50	1	-	-	2,50	0,20
Salmon ( <i>Salmo salar</i> ), Sea trout ( <i>Salmo trutta</i> f. <i>trutta</i> ), Huchen ( <i>Hucho hucho</i> )	2.50 - 3	1,60 - 2	0,80 - 1	0,4 – 0,5	0,3 – 0,4	0,30	0,30	0,20 – 0,50	0,20
Grayling ( <i>Thymallus thymallus</i> ), Chub ( <i>Leuciscus cephalus</i> ), Bream ( <i>Abramis brama</i> )	1,40 - 2	1 – 1,50	0,60-0,80	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25	0,25	0,08 – 0,20	0,20
Jenis ikan pada zona trout hulu	> 1	> 0,80	> 0,60	0,20	0,20	0,20	0,2	0,05 – 0,10	0,20

(Sumber : DVWK, 1996)

Untuk jenis –jenis ikan di Asia Tenggara (khususnya Indonesia) yang berukuran lebih kecil daripada salmon dapat memakai dimensi pada **Tabel 4.6** untuk kelompok ikan di bagian bawah (*grayling, chub, bream*, dan jenis ikan pada zona trout hulu). Sedangkan dasar kolam pada fishway tipe *pool passes* harus dibuat kasar untuk mengurangi kecepatan aliran di bagian dasar. Hal tersebut juga menguntungkan bagi ikan-ikan kecil dan benthos invertebrata untuk bergerak melewati fishway.

Fishway tipe *pool passes* selalu dilengkapi dengan sekat melintang yang berfungsi sebagai pembatas antara kolam satu dengan kolam berikutnya sekaligus sebagai konstruksi peredam energi. Pada umumnya sekat melintang dihindarkan dari kondisi sepenuhnya berada di bawah muka air atau dalam keadaan tergenang. Diusahakan air dari kolam yang satu mengalir menuju kolam berikutnya dengan melewati lubang bukaan.

#### 4.7.4 Perencanaan Hidrolik Fishway

1. Beda tinggi muka air antara muka air di hulu (reservoir) dan hilir berfluktuasi anantara  $h_{tot1} = 2.92$  m dan  $h_{tot2} = 2.41$  m.
2. Lebar kolam  $b = 1.5$  m (berdasarkan rekomendasi untuk zona ikat trout)
3. Kedalaman air minimal ( $h$ ) = 0.6 m
4. Permukaan dasar kolam dibuat kasar dengan menggunakan kerikil besar dari sungai setempat.
5. Sekat melintang didesain memiliki lubang bukaan bawah saja dengan dimensi  $b_s = h_s = 0.3$  m
6. Jumlah kolam dihitung dengan beda tinggi antar kolam 0.15 m, maka menurut **Persamaan 5.9**

$$n = \frac{h_{tot}}{\Delta h} - 1$$

$$n = \frac{2.92}{0.15} - 1 = 18.467 \text{ kolam}$$

, maka Digunakan 19 kolam

7. Jika Kondisi muka air di hilir tinggi, maka dipakai  $h_{tot} = 2$  dengan menggunakan 19 kolam diperoleh beda tinggi antar kolam

$$\Delta h_{\min} = \frac{h_{tot}^2}{n} = \frac{2.41}{19} = 0.126842$$

8. Berdasarkan **persamaan 5.10**, kecepatan aliran yang melalui lubang bukaan bawah dihitung untuk  $\Delta h = 0.15$  m (pada kondisi muka air di hilir rendah)

$$V_s = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.1268} = 1.7155 \text{ m/dt}$$

dan untuk  $\Delta h = 0.15$  m (pada kondisi muka air hilir tinggi)

$$V_s = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.15} = 1.5774 \text{ m/dt}$$

Dengan demikian kecepatan aliran yang melalui lubang bukaan bawah masih lebih rendah dari  $V_{\max} = 2$  m/dt

9. Berdasarkan **persamaan 5.11** dengan koefisien debit  $\Psi = 0.75$ , maka debit aliran yang melalui lubang bukaan bawah

- Pada kondisi muka air di hilir rendah

$$\begin{aligned} Q_{s \max} &= \Psi \cdot A_s \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h} \\ &= 0.75 \times 0.9 \times 0.15 \\ &= 0.1158 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

- Pada kondisi muka air di hilir tinggi

$$\begin{aligned} Q_{s \min} &= \Psi \cdot A_s \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h} \\ &= 0.75 \times 0.9 \times 0.1268 \\ &= 0.10648 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

10. Tinggi muka air minimum pada setiap kolam adalah

$$h_m = h + \frac{\Delta h}{2} = 0.6 + \frac{0.15}{2} = 0.675 \text{ m}$$

11. Panjang kolam (menurut **persamaan 5.14**)

Dengan tebal plank ( $d$ ) = 0.1 m

$$(lb - d) = \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{E \cdot b \cdot hm}$$

$$= \frac{1000 \times 9.81 \times 0.15 \times 0.1158}{150 \times 1.5 \times 0.675}$$

$$lb = 1.122 + 0.1 = 1.22 \text{ m}$$

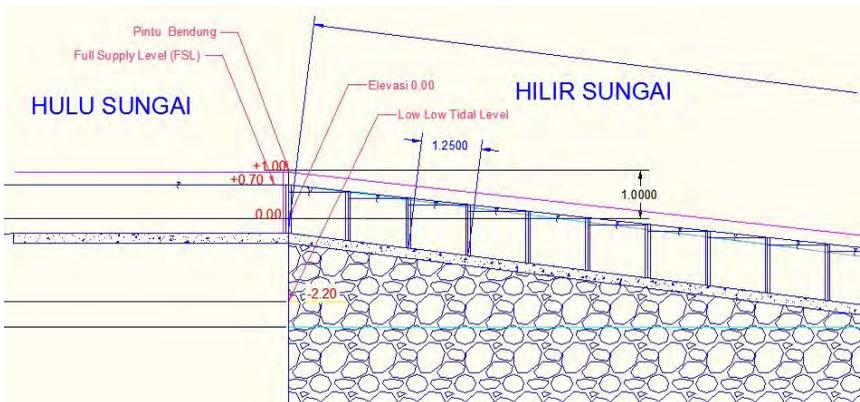
Maka digunakan panjang tiap kolam 1.25 m

12. Pada Kedalaman air di hilir 1,0 m, ketebalan lapisan dasar kolam 20 cm, dan beda tinggi muka air  $\Delta h = 0.15$  maka tinggi sekat melintang bagian hilir

$$hw = 1.0 + 2.0 + 0.15 = 1.35 \text{ m}$$

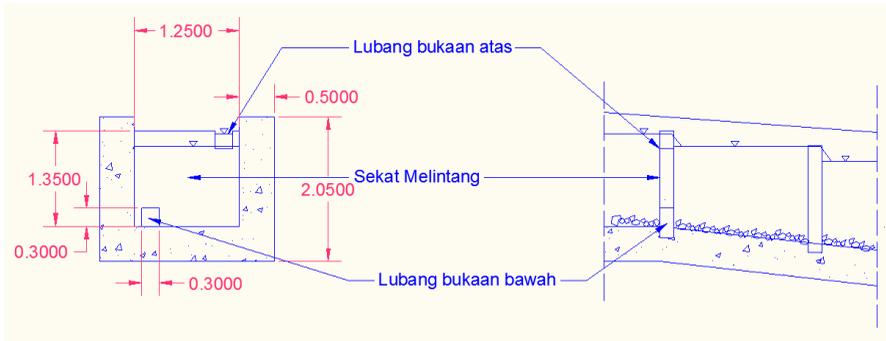
maka tinggi sekat bagian hulu

$$hw = 0.8 + 0.2 = 1 \text{ m}$$



**Gambar 4.3.** Penampang memanjang fishway tipe pool passes

(Sumber : Hasil Perencanaan)



**Gambar 4.4.** Bagian-bagian fishway tipe pool passes

(Sumber : Hasil Perencanaan)

Setelah melakukan perhitungan-perhitungan di atas maka didapatkan 20 ukuran sekat yang berbeda. Selisih antara sekat yang pertama dan sekat yang ke-20 dapat diketahui sebesar 0.35 m. Adapun tinggi sekat melintang di antaranya secara berjenjang turun 0.0194 m setiap kolam. Hasil perhitungan tersebut disajikan dalam tabel berikut :

**Tabel 4.7.** Ukuran-ukuran sekat pada fishway

Nomor Sekat	Ukuran (cm)
1	100
2	101,8
3	103,7
4	105,5
5	107,4
6	109,2
7	111,05

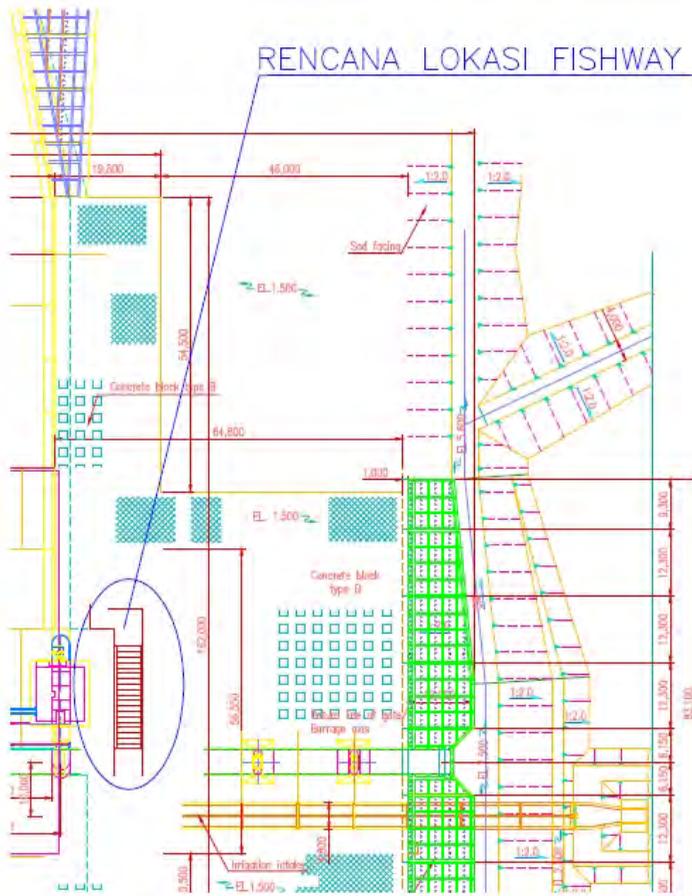
*Lanjutan Tabel 4.7*

<b>Nomor Sekat</b>	<b>Ukuran (cm)</b>
8	112,9
9	114,7
10	116,6
11	118,4
12	120,3
13	122,1
14	123,9
15	125,8
16	127,6
17	129,5
18	131,3
19	133,15
20	135

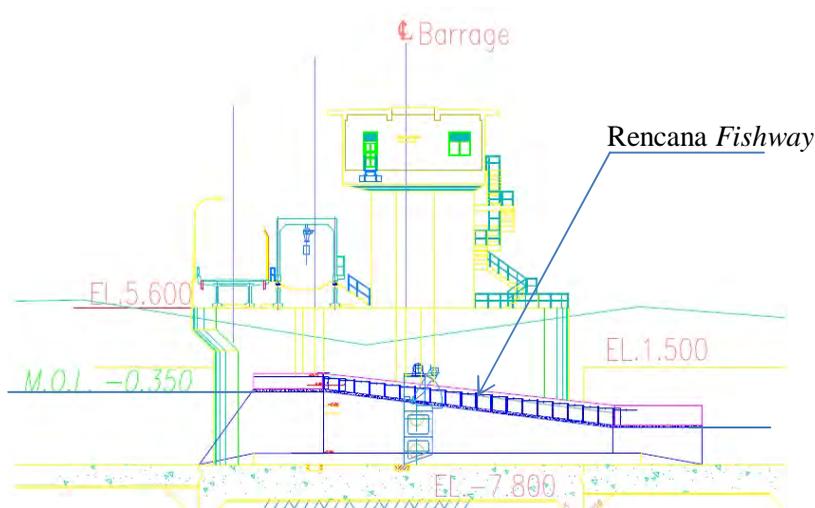
*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### **4.7.5 Penempatan *Fishway* pada Bendung**

Fishway pada umumnya terletak di sisi bendung. Pada studi perencanaan kali ini fishway diletakkan di bagian kanan bendung dari muka hulu. Fishway ini direncanakan menmpati area kosong dekat water channel milik Bendung Gerak Sembayat. Adapun rencana penempatannya adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.5.**Layout rencana lokasi *fishway* pada sisi bendung(Sumber : Perencanaan)



**Gambar 4.6.** Potongan memanjang rencana lokasi *fishway* pada sisi bendung (Sumber : Perencanaan)

#### 4.7.6 Tinjauan Umum

Fishway tipe pool passes adalah fishway generasi terdahulu. Fishway ini akan berfungsi secara optimal jika desain, layout, dan pemeliharaan dilakukan dengan cermat. Fishway tipe pool passes cocok digunakan sebagai jalan untuk perpindahan ikan-ikan dari jenis perenang yang kuat, jenis yang memiliki orientasi berenang di bawah, dan jenis yang berukuran kecil. Di samping itu dengan membuat dasar kolam menjadi kasar, maka fishway ini dapat dilalui oleh *benthos vertebrata*. Dengan debit yang disyaratkan hanya berkisar antara 0,05 s.d 0,50 m<sup>3</sup>/dt merupakan kelebihan dari fishway ini.

Di sisi lain, fishway ini memerlukan pemeliharaan yang intensif. Berdasarkan pengalaman yang ada, lubang bukaan bawah seringkali tertutup oleh batu dan serasah. Oleh karena itu fishway tipe pool passes memerlukan perawatan mingguan yang

teratur. Untuk mengurangi beban sampah yang masuk dapat dibangun *rachen* penangkap sampah di depan pintu masuk.

#### 4.8 Perencanaan Model Tes Hidrolika Berskala

Langkah terakhir dalam studi perencanaan fishway ini ialah melakukan model tes hidrolika berskala. Uji model fisik dibuat dengan skala 1 : 15 dan dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Yang dimaksud dengan model tes hidrolika berskala ini ialah melakukan percobaan dengan memperhatikan *flow similiarity*. *Flow similiarity* ini adalah keserupaan dinamik antara dua aliran yang berbeda. Hal ini dilakukan agar hasil pengujian di lapangan benar-benar dapat menggambarkan fenomena riil yang terjadi saat fishway itu difungsikan.

Dalam hal ini dimensi kolam fishway, kecepatan aliran air serta besar debitnya diskalakan seperti berikut :

$$1. \text{ Skala } n_L = 15 = \frac{L_p}{L_m} = 15 \rightarrow L_p = 15 L_m$$

2. Hukum Froude

$$\bullet \text{ Fr} = \frac{v_m}{\sqrt{g \cdot H_m}} = \frac{v_p}{\sqrt{g \cdot H_p}}$$

$$\rightarrow n_v = \frac{v_p}{v_m} = \frac{\sqrt{g \cdot H_p}}{\sqrt{g \cdot H_m}} = \frac{\sqrt{15}}{\sqrt{1}} = 3,87$$

$$\bullet \text{ } M_Q = \frac{\left(\frac{Q_m}{A_m}\right)}{\sqrt{g \cdot H_m}} = \frac{\left(\frac{Q_p}{A_p}\right)}{\sqrt{g \cdot H_p}}$$

$$\frac{Q_m}{A_m} \times \sqrt{g \cdot H_p} = \frac{Q_p}{A_p} \times \sqrt{g \cdot H_m}$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{A_p}{A_m} \times \frac{\sqrt{g \cdot H_p}}{\sqrt{g \cdot H_m}} = \frac{(15)^2}{1} \times \frac{\sqrt{15}}{\sqrt{1}} = 870,75$$

## 3. Hukum Reynolds

- $$\text{Re} = \frac{V_p \cdot L_p}{\nu_p} = \frac{V_m \cdot L_m}{\nu_m}$$

$$\frac{V_p}{V_m} = \frac{L_m \cdot \nu_p}{L_p \cdot \nu_m} = \frac{15 \cdot 0,01}{1 \cdot 0,01} = 15$$

- $$M_Q = M_l^2 \times M_v = M_l^2 \times M_v^{-1}$$



**Gambar 4.7.** Model test hidrolika fishway berskala  
(Sumber : Hasil Percobaan)



**Gambar 4.8.** Model test hidrolika fishway berskala  
(Sumber : Hasil Percobaan)

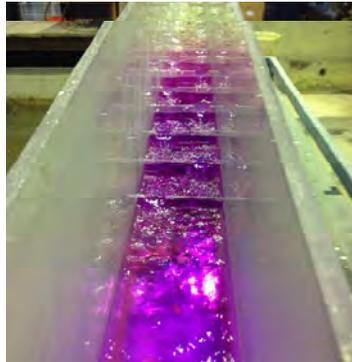
Pada percobaan ini dilakukan dua tahapan analisa yaitu :

1. Kestinambungan ekologi dengan rancangan fishway yang dibuat. Percobaan ini memberikan gambaran tentang perilaku ikan dalam kolam fishway serta kemampuan berenang ikan. Debit yang dipakai untuk mengalir fishway telah disesuaikan dengan metode flow similiarity. Debit actual = 0.115 m<sup>3</sup>/det = 115 l/det

$$\text{Debit pada model test} = \frac{115}{870.75} = 0.132 \frac{l}{\text{detik}} = 132 \frac{ml}{\text{detik}}$$

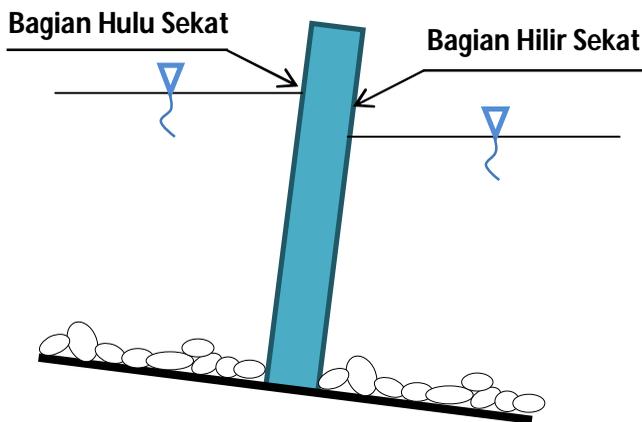
Debit yang mengalir pada model test ternyata dapat dilalui oleh ikan yang memiliki kemampuan renang sedang. Hal ini menjadi referensi tentang keadaan di lapangan dalam penggunaan fishway tersebut.

2. Pengamatan aliran air yang melewati lubang-lubang sekat yang dibuat. Untuk menajdikan aliran air ini mudah diamati maka diberi cairan KMnO<sub>4</sub>.



**Gambar 4.9.** Percobaan Aliran air pada fishway menggunakan cairan KMnO<sub>4</sub> (Sumber : Hasil Percobaan)

Dari percobaan model tes hidrolika ini dilakukan pengamatan terhadap tinggi muka air pada tiap sekat. Tinggi muka air di tiap sekat ini diukur di bagian hulu sekat dan hilir sekat.



**Gambar 4.10.** Bagian hulu dan hilir pada sekat fishway yang diamati dan diukur

Maka, didapat hasil pengamatan tinggi muka air di sekat dan volume tiap kolam sebagai berikut :

**Tabel 4.8.** Tinggi Muka Air pada Sekat *Fishways* saat pengamatan

Nomer Sekat	Hulu	Hilir	Datum	Tinggi Muka Air Hulu	Tinggi Muka Air Hilir
	cm	cm		cm	cm
1	31	30	26	5	4
2	30	29	25	5	4
3	29,1	28,1	24	5,1	4,1
4	28	27,4	23	5	4,4

*Lanjutan Tabel 4.8*

5	27,4	26,4	22	5,4	4,4
6	26,8	25,4	21	5,8	4,4
7	25,6	24,5	20	5,6	4,5
8	24,7	23,8	19	5,7	4,8
9	23,7	22,7	18	5,7	4,7
10	22,8	21,9	17	5,8	4,9
11	21,9	20,7	16	5,9	4,7
12	21	20	14,7	6,3	5,3
13	20	19	13,7	6,3	5,3
14	19,1	18,2	12,7	6,4	5,5
15	18,2	17,2	11,5	6,7	5,7
16	17,4	16,4	10,5	6,9	5,9
17	16,4	15,4	9,4	7	6
18	15,6	14,9	8,3	7,3	6,6
19	14,7	14,2	7,3	7,4	6,9
20	14,2	13,7	6,2	8	7,5

*Sumber : Hasil pengamatan dan pengukuran*

**Tabel 4.9.** Volume tiap-tiap kolam pada fishway saat pengamatan

Kolam	Volume
	cm <sup>3</sup>
1	373,5
2	377,65
3	377,65

*Lanjutan Tabel 4.9*

5	423,3
6	415
7	423,3
8	435,75
9	435,75
10	448,2
11	456,5
12	481,4
13	485,55
14	506,3
15	522,9
16	535,35
17	551,95
18	581
19	618,35

*Sumber : Hasil perhitungan*

Pada pengukuran tinggi muka air yang dilakukan dengan waktu tunggu masing-masing 1 menit pada tiap kolam pada percobaan *fishway*, dapat disimpulkan bahwa meskipun *fishway* tipe pool passes memiliki sensitivitas terhadap perubahan muka air, akan tetapi fluktuasi nya tidak terlalu besar. Maka dari itu, jika pada kondisi di lapangan ditemukan fluktuasi muka air yang cukup besar, maka dibutuhkan bangunan pengukur agar muka air, debit serta kecepatan aliran yang melewati *fishway* dapat sesuai perencanaan.



## **BAB 5**

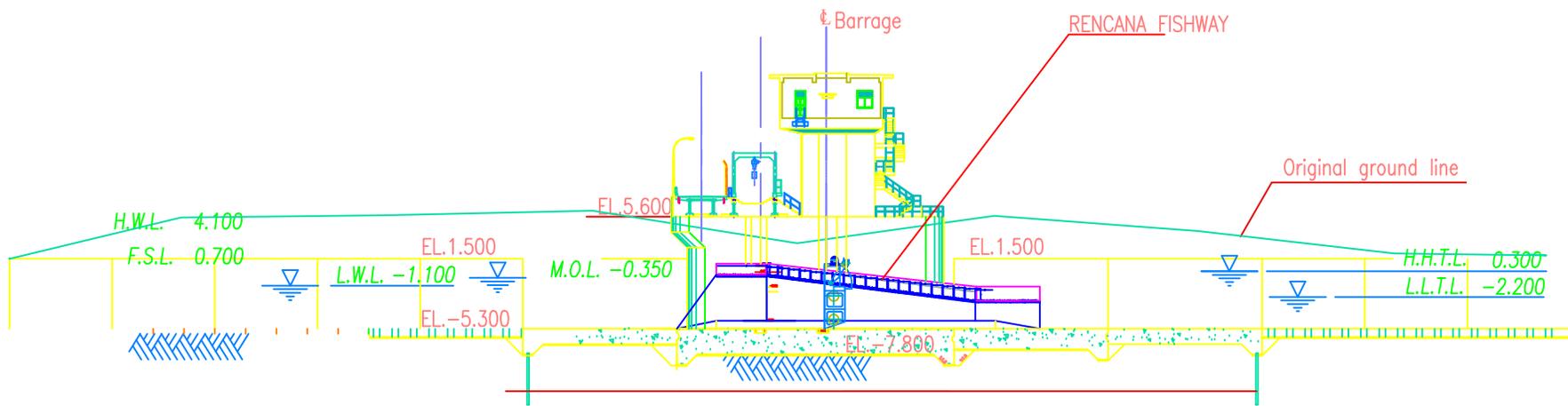
### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari tahap-tahap analisa, penentuan desain, perhitungan hingga pengamatan percobaan pada perencanaan *fishway* ini maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan debit andalan, maka didapatkan debit andalan 50% dari Bendung Gerak Sembayat (BGS) sebesar  $986 \text{ m}^3/\text{det}$ .
2. Debit yang dibutuhkan untuk pemenuhan kebutuhan domestik-non domestik, irigasi serta perikanan sebesar  $92,3942 \text{ m}^3/\text{det}$ . Serta dari perhitungan *fishway* tipe *pool passes* didapatkan debit aliran sebesar  $0,115 \text{ m}^3/\text{det}$ . Dari analisa neraca air maka pemenuhan kebutuhan air di Bendung Gerak Sembayat adalah cukup.
3. Bendung Gerak sembayat memiliki tubuh bendung yang terdiri dari 7 pintu dengan lebar 20 m masing-masing pintu dan panjang keseluruhan bendung adalah 205 m.
4. Berdasarkan analisa ekologi dari berbagai sumber, bangunan bedung gerak ini memerlukan *fishway* untuk mengendalikan laju migrasi ikan dari hilir ke hulu akibat pembangunan bendung yang melintang sungai ini.

5. Berdasarkan kebutuhan ekologisnya, ditentukan desain yang dipakai ialah *pool passes*. Saluran yang berupa rangkaian sekat hingga membentuk kolam-kolam ini sesuai dengan kebutuhan serta kemudahan penerapannya di lapangan.
6. Saluran fishway ini memiliki 19 kolam yang dirangkai oleh sekat-sekat dengan dimensi panjang 23,75 m, lebar 1,5 m dan tinggi sekat bervariasi secara berjenjang dari 1 m hingga 1,35 m sebanyak 20 sekat. Sekat-sekat tersebut memiliki lubang bukaan bawah sebagai lintasan ikan serta bukaan atas yang lebih umum berfungsi sebagai pelimpah.
7. Untuk melihat fungsi *fishway* secara dekat, maka dilakukan percobaan model tes hidrolika berskala di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS. Skala fisik yang dipakai untuk membuat model tes fishway ini ialah 1 : 15 dan skala debit yang digunakan ialah 1 : 870,75 sesuai analisa *flow similiarity*




**LETAK FISHWAY DI SISI BENDUNG**  
 Skala 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR  
STUDI PERENCANAAN DAN  
PEMODELAN TES HIDROLIKA  
FISHWAY PADA BENDUNG  
GERAK SEMBAYAT

NAMA  
**MONA IS AZIZA**

NRP  
**3110100043**

DOKEN PEMBIMBING I  
**Prof. Dr. Ir. Nadjadji  
Anwar, MSc.**

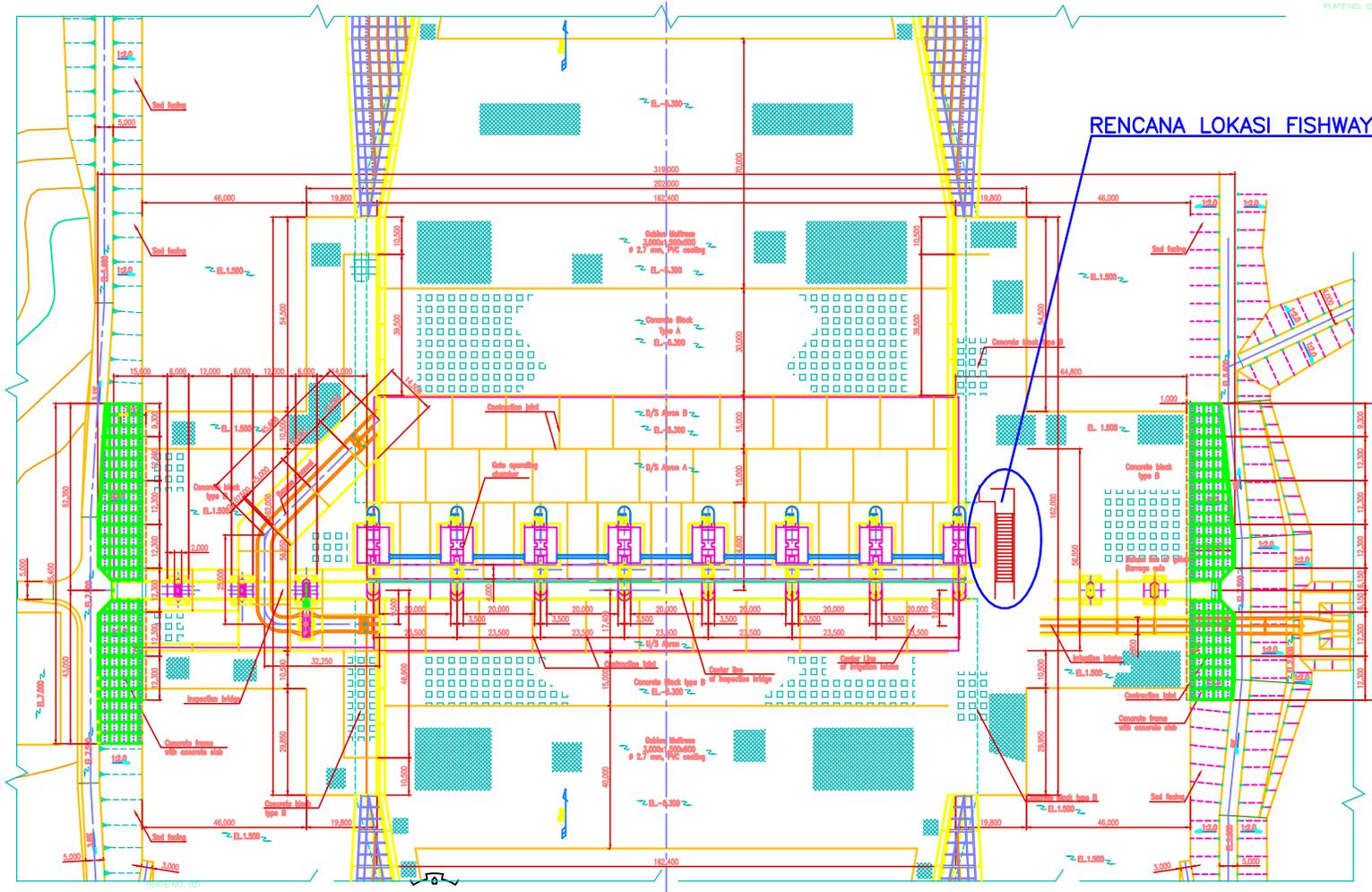
DOKEN PEMBIMBING II  
**DANAYANTI, ST, MT**

JUDUL GAMBAR  
**LETAK FISHWAY DI SISI  
BENDUNG**

CATATAN

NO. LEMBAR	TOTAL LEMBAR

PLATE NO. 027



RENCANA LOKASI FISHWAY



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM  
DRAINASE HOTEL SWISSBEL  
BINTORO SURABAYA

NAMA

DEA DELIANA

NRP

3110100004

DOSEN PEMBIMBING I

DR. Techn. UMBORO LASMINTO,  
ST, MSc.,

DOSEN PEMBIMBING II

YANG RATRI SAVITRI, ST, MT

JUDUL GAMBAR

LOKASI RENCANA BANGUNAN  
FISHWAY

CATATAN

--	--

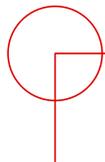
NO. LEMBAR

TOTAL LEMBAR

--	--

LOKASI RENCANA BANGUNAN FISHWAY

SKALA 1 : 100





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

STUDI PERENCANAAN DAN  
PEMODELAN TES HIDROLIK  
FUSHWAY PADA BENDUNG  
GERAK SEMBAYAT

NAMA

MONA IS AZIZA

NRP

3110100043

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. NADJADI ANWAR, M.Sc

DOSEN PEMBIMBING II

DANAYANTI, ST, MT

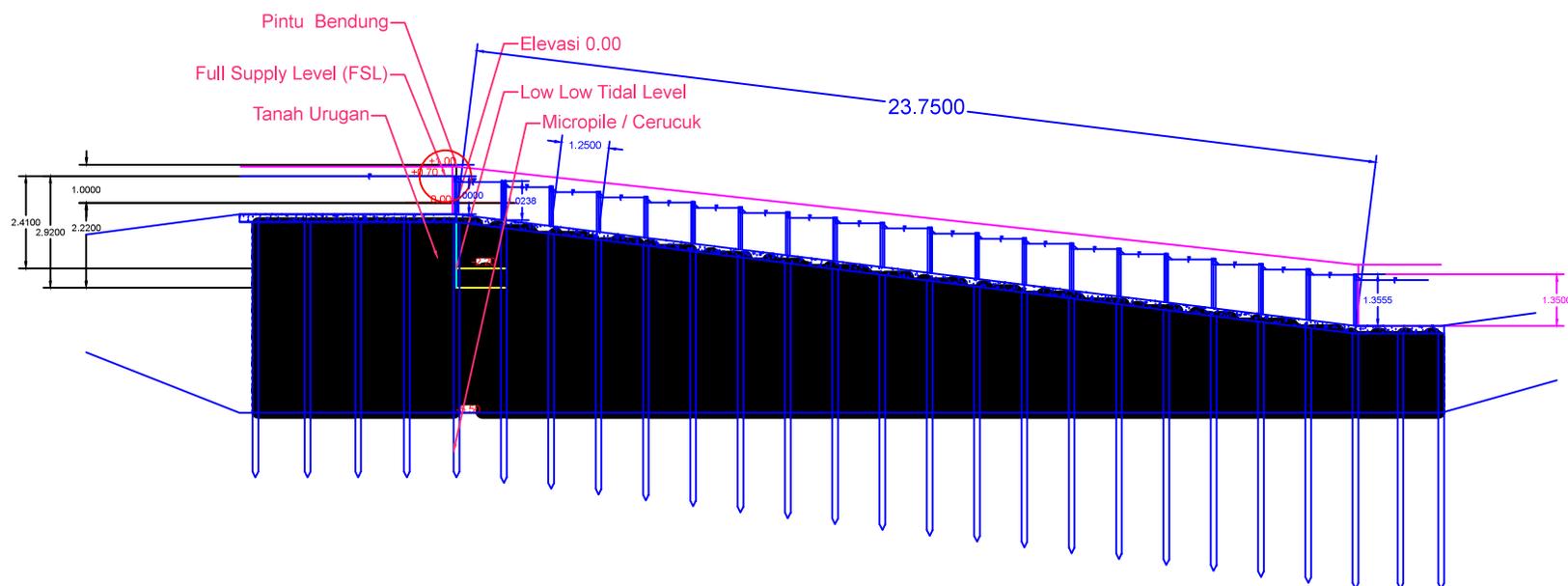
JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
FISHWAY

CATATAN

NO. LEMBAR

TOTAL LEMBAR



POTONGAN MEMANJANG FISHWAY

SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

STUDI PERENCANAAN DAN  
PEMODELAN TES HIDROLIK  
FUSHWAY PADA BENDUNG  
GERAK SEMBAYAT

NAMA

MONA IS AZIZA

NRP

3110100043

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR, M.Sc

DOSEN PEMBIMBING II

DANAYANTI, ST, MT

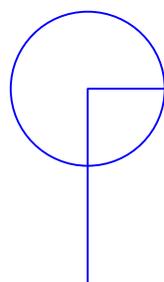
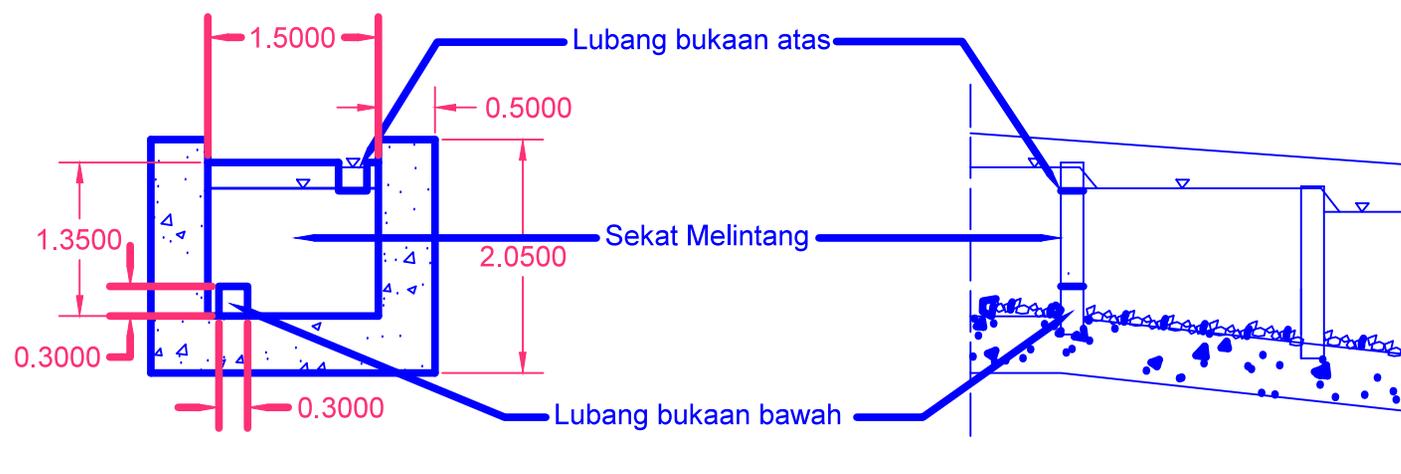
JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
FISHWAY

CATATAN

NO. LEMBAR

TOTAL LEMBAR



POTONGAN MELINTANG FISHWAY

SKALA 1 : 100

## FOTO-FOTO DOKUMENTASI



## **BIODATA PENULIS**



Mona Is Aziza dilahirkan di Surabaya, 22 April 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Dr. Soetomo VII Surabaya dan lulus pada tahun 2004, SMPN 3 Surabaya dan lulus pada tahun 2007, dan SMAN 6 Surabaya dan lulus pada tahun 2010. Pada tahun 2010 penulis diterima di Institut Sepuluh Nopember dengan Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS, terdaftar dengan

NRP 3110 100 043.

Di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, pada semester tujuh penulis mengambil bidang minat Struktur. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar maupun kemahasiswaan yang diselenggarakan oleh jurusan maupun Himpunan Mahasiswa Sipil ITS. Selain itu pada semester 5 penulis sempat menjadi Kepala Biro Internal di Himpunan Mahasiswa Sipil ITS.

e-mail : [monaisaziza@gmail.com](mailto:monaisaziza@gmail.com)