

BAB III METODE

3.1 Fasilitas Pengujian

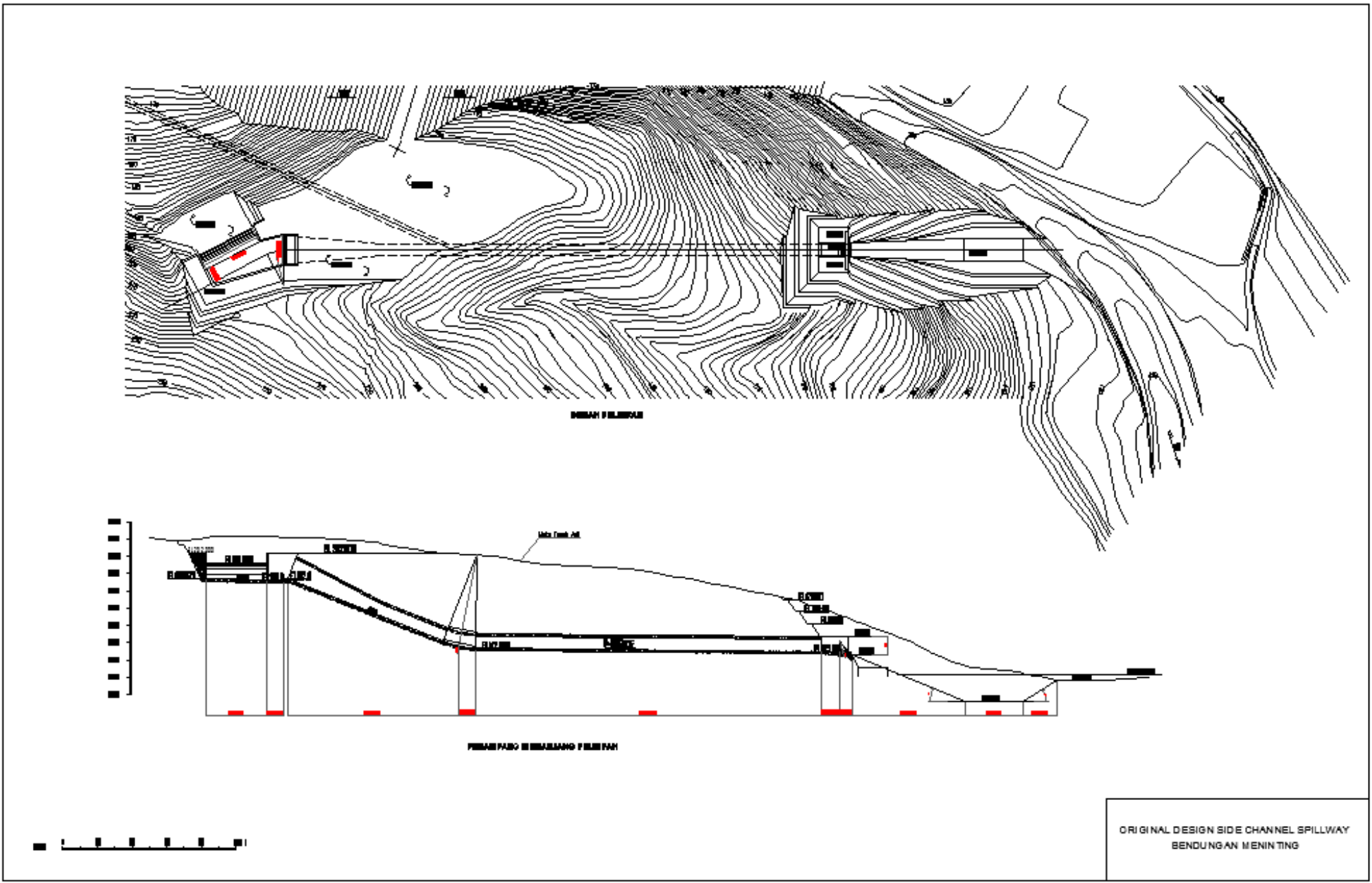
Untuk mendukung pelaksanaan pekerjaan uji model fisik hidrolika digunakan fasilitas Laboratorium Hidrolika Terapan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Alat-alat pendukung percobaan model yang digunakan terdiri dari:

1. Empat buah pompa listrik masing-masing berkapasitas 25 l/dt, 45 l/dt, 30 l/dt dan 30 l/dt.
2. Kolam penampung air sebagai sistem distribusi air di model.
3. Bangunan ukur debit Rechbox yang terbuat dari fiberglass tebal 5 mm dengan ukuran yang disesuaikan dengan standar.
4. Alat pengukur tinggi muka air berupa meteran taraf (*point gauge*), pengukuran kecepatan berupa tabung pitot dan pengukuran tinggi tekan berupa *pizometer*.
5. Model fisik yang dikaji adalah Model Fisik *Side Channel Spillway* Bendungan Meninting.
6. Besar dan dimensi bangunan sesuai dengan hasil *Final Design* Model Fisik *Side Channel Spillway* Bendungan Meninting dengan skala 1:40.

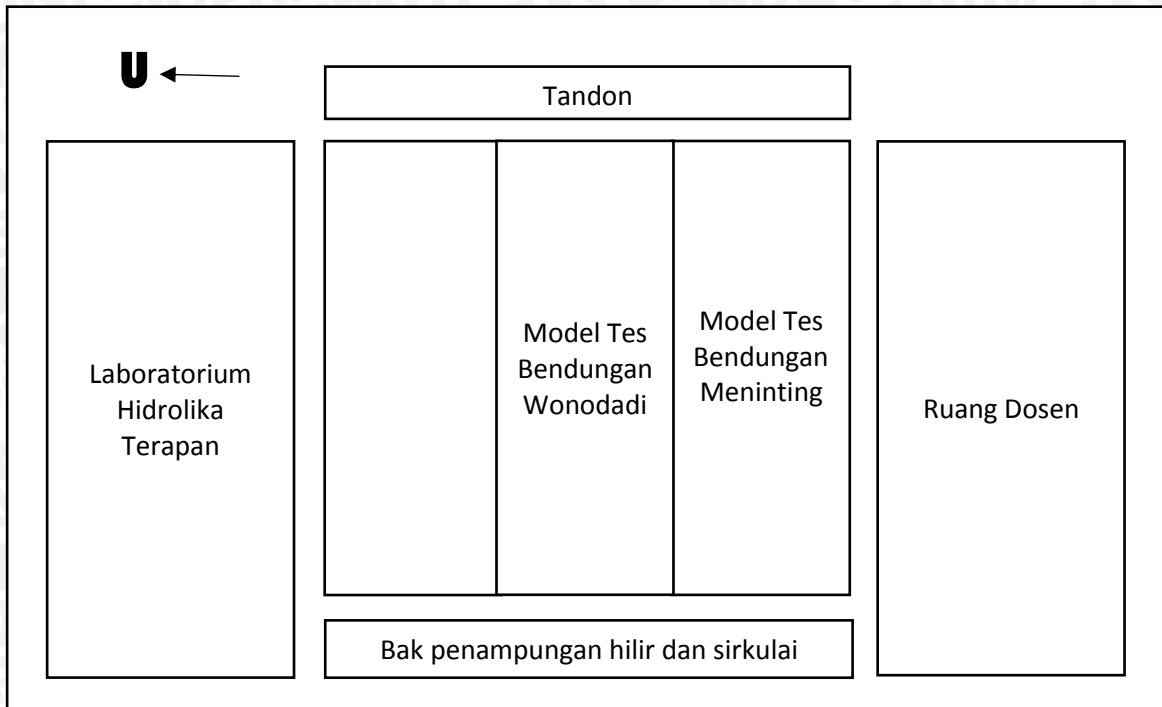
Tabel 3.1 Konversi Dimensi dari Prototipe ke Model

Deskripsi	Prototipe (m)	Ratio	Model (cm)
I. Bendungan Utama			
Tinggi	52,0	1 : 40	130,0
Lebar puncak	10,0	1 : 40	25,0
II. Pelimpah			
Tinggi ambang	2,0	1 : 40	5,0
Lebar ambang	35,0	1 : 40	87,5
III. Saluran Samping			
Panjang saluran	45,0	1 : 40	112,5
Lebar saluran hulu	10,0	1 : 40	25,0
Lebar saluran hilir	16,0	1 : 40	40,0
IV. Saluran Transisi			
Panjang saluran	8,236	1 : 40	20,59
V. Saluran Peluncur			
Diameter pipa	7,0	1 : 40	17,5
Panjang saluran	93,7	1 : 40	243,25
VI. Terowong Penghubung			
Diameter pipa	7,0	1 : 40	17,5
Panjang pipa	200,0	1 : 40	500,0
VII. Peredam Energi			
Panjang saluran pengarah	10,0	1 : 40	25,0
Lebar saluran pengarah	7,0	1 : 40	17,5
Radius <i>flip bucket</i>	6,0	1 : 40	15,0
Kedalaman kolam penenang	12,0	1 : 40	30,0

Sumber: Anonim, 2015



Gambar 3.1 Gambar original design Side Channel Spillway Bendungan Meninting



Gambar 3.2 Denah lokasi Model Tes Bendungan Meninting

3.2 Skala Model

Skala model yang digunakan dalam pengujian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- a. Tujuan dari pengujian
- b. Penelitian yang diharapkan
- c. Fasilitas yang tersedia di laboratorium
- d. Waktu dan biaya yang tersedia

Berdasarkan persamaan (2-61)

$$\frac{\Delta q}{q} = 1 - \left\{ \frac{H_e}{H} \right\}^{3/2}$$

$$5\% = 1 - \left\{ \frac{H - 0,457}{H} \right\}^{3/2}$$

$$H = 13,59mm$$

$$\text{Skala model } L_r = \frac{13,59}{911} = \frac{1}{67,01}$$

Skala minimum yang dapat digunakan dalam model ini 1:67,01. Tetapi dengan melihat ketersediaan ruangan yang masih mencukupi dalam model dan dengan mempertimbangkan tinggi muka air di atas pelimpah dan besar alat ukur yang digunakan dalam pengukuran tinggi muka air dan kecepatan, maka ditetapkan skala yang dipakai adalah *undistorsted* 1:40.

Namun setelah mengalami perubahan skala, maka kesalahan relatif menjadi 2,9% yang diperoleh dari:

$$\text{Skala Model Lr} = \frac{1}{40} = \frac{22,775}{911}, \text{ maka } H = 22,775$$

Masukkan $H=22,775$ ke dalam rumus

$$1 - \left\{ \frac{H - 0,457}{H} \right\}^{3/2} = 1 - \left\{ \frac{(22,775) - 0,457}{(22,775)} \right\}^{3/2} = 0,029947 = 2,9\%$$

Dengan menggunakan skala geometris *undistorsted* 1:40, maka rasio perbandingan besaran-besaran yang berhubungan dengan permodelan dapat diketahui sebagaimana Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Rasio Perbandingan Besaran-besaran Prototipe ke Model

No.	Besaran	Notasi	Rumus	Rasio ($n_h=n_L=40$)
1	Kecepatan	U	$n_u=n_h^{1/2}$	6.325
2	Waktu Aliran	T	$n_t=n_h^{1/2}$	6.325
3	Debit Aliran	Q	$n_Q=n_h^{5/2}$	10119
4	Diameter	D	$n_d=n_h$	40
5	Volume	V	$n_v=n_h^3$	64000
6	Koefisien Chezy	C	$n_c=1$	1.000
7	Koefisien	N	$n_n=n_h^{1/6}$	1.849

Sumber: Anonim, 2015

3.3 Konstruksi Model

Beberapa bagian dari prototipe *Side Channel Spillway* Bendungan Meninting yang dimodelkan dengan menggunakan jenis dan skala tersebut di atas terdiri dari:

1. Bendungan Utama yang dibuat dari pasangan batu bata dan semen.
2. Ambang pelimpah dan outlet terowong terbuat dari kayu yang diperhalus dan dicat untuk kesamaan kekasaran dengan keadaan lapangan.
3. Saluran transisi dan saluran peluncur yang berbentuk terowong terbuat dari bahan *fiberglass* agar dapat diamati keadaan alirannya.

3.4 Tahapan dan Rancangan Pengujian

3.4.1 Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian model fisik *Side Channel Spillway* Bendungan Meninting adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Awal

Persiapan awal yang dimaksudkan adalah pengumpulan data-data teknis debit operasi yang akan di ujikan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data Teknis Debit Operasi

Kala Ulang	Debit Prototype (m ³ /dt)	Debit Model	
		(m ³ /dt)	(l/dt)
Q _{1th}	41,06	0,0041	4,06
Q _{2th}	72,50	0,0072	7,16
Q _{50th}	171,820	0,0170	16,98
Q _{100th}	198,450	0,0196	19,61
Q _{1000th}	311,150	0,0307	30,75
Q _{PMF}	813,030	0,0803	80,34

Sumber: Anonim, 2015

2. Perancangan Model

Penetapan skala yang akan dibuat sebagai model dengan maksud agar kesalahan relatif yang diperoleh bila dibandingkan dengan prototipe maksimal adalah 5%.

3.4.2 Rancangan Pengujian

Pengujian perilaku hidrolika aliran di bangunan pelimpah serta bangunan-bangunan pelengkapny diuji dalam beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Model Seri 0

Model seri 0 merupakan model yang dibuat berdasarkan *original design* yang dibuat oleh konsultan perencana.

2. Model *Development Test*

Model seri ini merupakan *alternative design* (modifikasi), bila hasil dari pengujian model seri 0 kurang baik.

3. Model *Final Design*

Model seri ini merupakan hasil akhir dari *development test*. Pada model ini telah didapatkan perilaku hidraulik sesuai dengan yang diharapkan.

3.5 Jenis Pengamatan dan Pengukuran

Selama berlangsungnya pengujian terhadap beberapa variasi debit, pengamatan dan pengukuran dilakukan sesuai pada titik-titik (*section*) yang ditentukan, sebagai berikut:

1. Pengukuran kedalaman air pada pelimpah (*spillway*), saluran samping, saluran transisi, saluran peluncur, terowong penghubung dan peredam energi (*stilling basin*).
2. Mengamati arah aliran yang terjadi pada saluran transisi dan peluncur.
3. Pengukuran kecepatan aliran pada pelimpah (*spillway*), saluran samping, saluran transisi, dan peredam energi (*stilling basin*).
4. Pengukuran tinggi tekan aliran pada pelimpah (*spillway*), saluran samping, saluran transisi, saluran peluncur, terowong penghubung dan peredam energi (*stilling basin*).
5. Mengamati trayektori aliran di hilir peredam energi (*stilling basin*).

Pengamatan dan pengukuran di atas dilakukan untuk memperoleh data yang selanjutnya digunakan sebagai parameter pengujian, seperti yang disajikan pada Tabel 3.4 sebagai berikut:



Tabel 3.4 Jenis Pengamatan dan Pengukuran

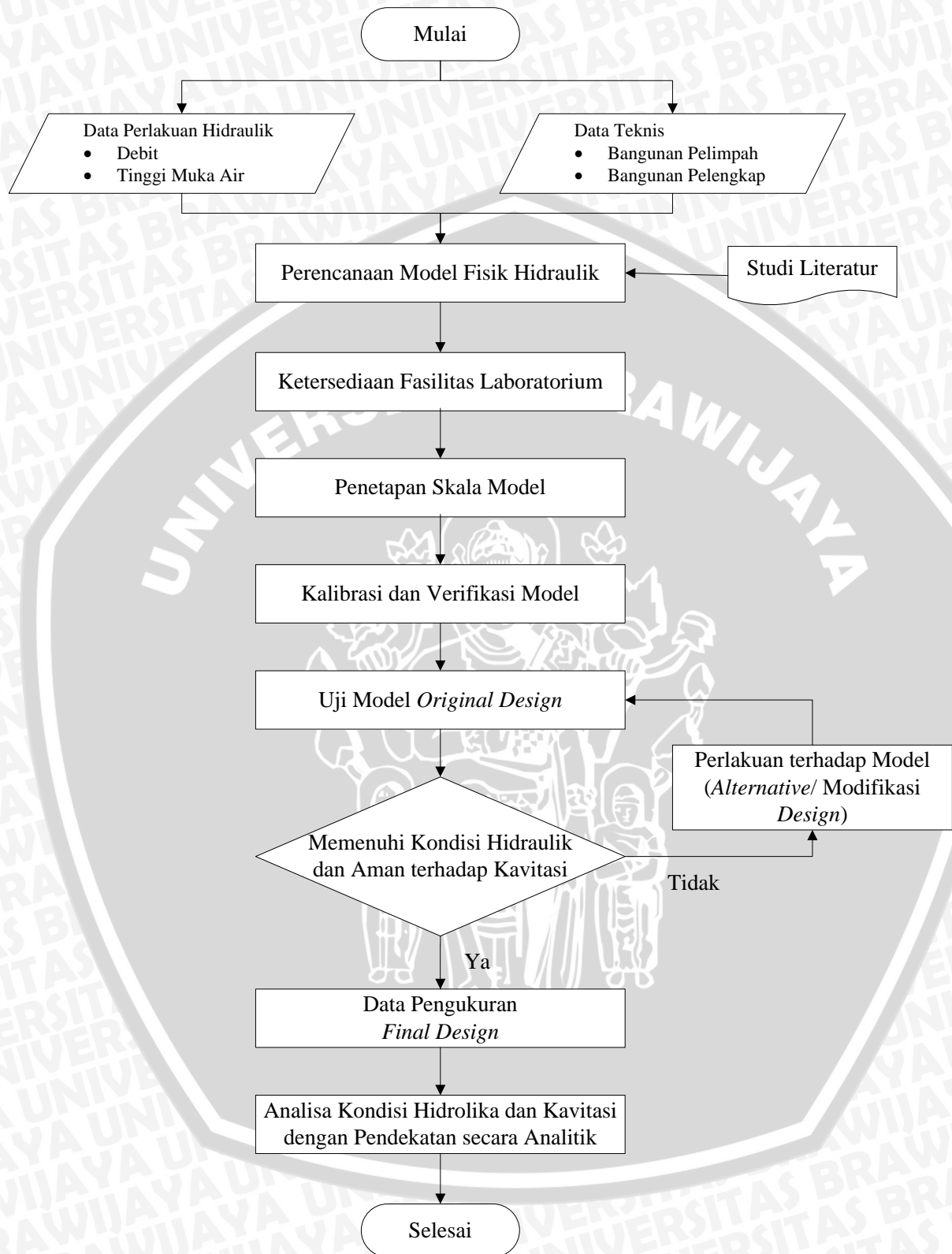
No.	Deskripsi	Jenis Pengamatan	Alat Ukur
1.	Kondisi Aliran:		
	a. Pelimpah	1. Kedalaman air	1. Bak ukur dan <i>waterpass</i>
	b. Saluran Samping	2. kecepatan aliran	2. Pitot
	c. Saluran Transisi	3. tinggi tekan	3. Pizometer
	d. Saluran Peluncur		
	e. Peredam Energi		
2.	Gejala kavitasi	Tinggi tekan	Pizometer
3.	Peredam energi	Kedalaman air kecepatan aliran tinggi loncatan panjang loncatan	1. Bak ukur dan <i>waterpass</i> 2. Pitot 3. Bak ukur dan <i>waterpass</i> 4. Roll meter

3.6 Rancangan Hasil Pengujian

Berdasarkan parameter dan rancangan penelitian yang telah dikemukakan di atas, maka diharapkan dapat memberikan alternatif hasil efektif, yang dalam hal ini aman terhadap kestabilan konstruksi bangunan. Adapun rancangan hasil penelitian disajikan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Rancangan Hasil Pengujian

No.	Utilitas	Dimensi	Pendekatan Hitungan	Parameter Pengujian
1.	Approach Channel		$F = \frac{q}{\sqrt{g(H+P)^3}}$	Kedalaman aliran di bawah mercu $P \geq \frac{H}{5}$ Kecepatan aliran $V \leq 4 \text{ m/det}$ Angka Froude $F = \frac{q}{\sqrt{g(H+P)^3}}$ ditetapkan $\leq 0,40$
2.	Pelimpah Tipe: Side channel kombinasi shaft spillway	Tinggi ambang: 2 m Lebar ambang: 35 m	Debit di atas Pelimpah $Q = CL K_f^{0,1}$ Kecepatan $V_r = \frac{V}{\sqrt{d \cdot Y}}$ Debit yang lewat $Q = C L_{\text{efektif}} H_0$	a. Aliran limpahan yang lewat mercu tidak boleh pada kondisi submerged b. Aliran pada saluran hiasar harus super kritis c. Kondisi aliran sempurna, dengan saluran pengarah $\frac{H}{P} < 0,75$ dan aliran bagian hilir mercu super kritis d. Tekanan kavitasi negatif tidak boleh melebihi $-0,3 \text{ kg/cm}^2$
3.	Side Channel	Panjang saluran : 45 m Lebar saluran hulu : 10 m Lebar saluran hilir : 16 m	Tinggi muka air pada saluran samping $\Delta y = \frac{Q_1 (v_1 + v_2)}{g (Q_1 + Q_2)} \left[(v_2 - v_1) + \frac{v_2 (Q_2 - Q_1)}{Q_1} \right]$ $\Delta y = \frac{Q_2 (v_1 + v_2)}{g (Q_1 + Q_2)} \left[(v_2 - v_1) + \frac{v_1 (Q_2 - Q_1)}{Q_2} \right]$	a. Kemiringan dasar untuk saluran samping dibuat $I \leq \frac{1}{13}$ b. Perbandingan antara tinggi air (d) dan lebar dasar (B) dari saluran samping $\left(\frac{d}{B}\right) = 0,50$ c. Angka Froude pada saluran samping dibuat $< 0,5$ (dianjurkan 0,44)
4.	Transisi	Panjang saluran: 10 m	Hidraulika saluran transisi $d_c + \frac{v_c^2}{2g} = d_e + \frac{v_e^2}{2g} + \frac{K(v_e^2 - v_c^2)}{2g} + h_n$	Saluran transisi yang relatif pendek lebih efektif apabila dilewati aliran kritis.
5.	Peluncur Tipe: Terowong	Diameter pipa : 7 m Panjang saluran : 106,68 m	Perhitungan menggunakan kekekalan energi $H = z + d \cos \theta + \alpha \frac{V^2}{2g}$ Energi Spesifik $E = d \cos \theta + \alpha \frac{V^2}{2g}, \text{ untuk } z=0, \alpha=1, \text{ maka } E = y + \frac{V^2}{2g}$	a. Tekanan kavitasi negatif tidak boleh melebihi $-0,3 \text{ kg/cm}^2$ b. Terowong dibuat lurus dan ditinjau dari segi hidrolis tak akan terjadi pengurangan udara dan untuk mencegahnya diperlukan lubang udara pada bagian ini. c. Dihindari terjadinya aliran penuh. Tinggi air dalam terowong $\frac{1}{4}$ dari tinggi terowong dan untuk <i>uniform flow</i> $\frac{1}{4}$ dari tinggi terowong.
6.	Terowong Penghubung	Diameter pipa : 7 m Panjang saluran: 200 m	$\theta = \arccos \frac{R-A}{R}$ $A = R^2 \left[\frac{\theta \sin \theta}{180} - \sin \theta \cdot \cos \theta \right]$ $P = \frac{2R \theta \sin \theta}{180}$ $T = 2R \sin \theta$ 	a. Terowong dibuat lurus dan ditinjau dari segi hidrolis tak akan terjadi pengurangan udara. b. Dihindari terjadinya aliran penuh. Tinggi air dalam terowong $\frac{1}{4}$ dari tinggi terowong dan untuk <i>uniform flow</i> $\frac{1}{4}$ dari tinggi terowong (Bangunan pengeluaran didesain sehingga tidak terjadi aliran tenggelam).
7.	Peredam Energi a. Flip Bucket b. Plunge pool	Radius flip bucket: 6 m Kedalaman kolam: 12 m	Flip Bucket $h_{\text{stat}} = h \cos \theta + \frac{v^2}{g} \ln \left(\frac{R}{R-h} \right)$ $h_{\text{dynam}} = h \cos \theta + \frac{[V^2] \left[\frac{h}{R} + \ln \frac{1}{1-\frac{h}{R}} \right]}{g R \left(\frac{h}{R} \right) \cos \theta}$ Trayektori Aliran $L_0 = \frac{V_0^2}{g} \sin 2\theta; L_1 = \frac{1}{gk^2} \ln (1 + 2k \alpha V_0 \cos \theta)$ $Y = \frac{\exp(gk^2 x) - 1}{kV_0 \cos \theta}$ Erosi maksimum (t_{max}) $t_{\text{max}} = 6 h_c \tan \alpha_1$ 	Flip Bucket a. Dihindari tekanan kavitasi b. Terjadi loncatan jika h dinamis > h statis Trayektori aliran tergantung pada sudut θ dan kecepatan V_0 a. Sudut berkisar antara 20° sampai 45° (Dianjurkan sudut yang tidak terlalu besar karena dapat menimbulkan kecepatan yang tinggi dan mengakibatkan erosi yang dalam) b. Puncak ujung hilir kolam lebih tinggi dari permukaan dasar sungai c. $t_{\text{max}} < \text{Elevasi dasar kolam} < t_{\text{min}}$



Gambar 3.3 Diagram alir pengerjaan skripsi