

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Fasilitas Pengujian

Untuk mendukung pelaksanaan penelitian Model Fisik Waduk Gondang Kabupaten Karanganyar Propinsi Jawa Tengah ini digunakan fasilitas Laboratorium Hidraulika Terapan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang (Denah sesuai Gambar 3.6.) dengan alat-alat sebagai berikut :

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 sebagaimana disajikan pada Gambar 3.3 (Denah Laboratorium Hidraulika). Bangunan ukur debit Rechbox yang terbuat dari fiberglass tebal 5 mm dengan ukuran yang disesuaikan dengan standar.
3. Alat pengukur tinggi muka air berupa meteran taraf (*point gauge*), pengukuran kecepatan berupa tabung pitot dan *current meter* tipe SHEBA.
4. Model bangunan pelimpah, transisi, peluncur, peredam energi sesuai dengan skala yang digunakan.
5. Model fisik yang dikaji adalah Model Fisik Waduk Gondang.
6. Besar dan dimensi bangunan sesuai dengan hasil *Final Design* Model Fisik Waduk Gondang dengan skala 1:50 sesuai pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Konversi Dimensi dari Prototipe ke Model

Deskripsi	Prototype	Rasio	Model
	m		cm
Bendungan Utama			
- Tinggi	64,00	0,02	128,00
- Lebar Puncak	11,00	0,02	22,00
Pelimpah Type Ogee I			
- Tinggi ambang pelimpah	4,00	0,02	8,00
- Lebar pelimpah	45,00	0,02	90,00
Saluran Samping		0,02	0,00
- Lebar saluran hulu	20,00	0,02	40,00
- Lebar saluran hilir	25,00	0,02	50,00
Saluran Transisi			
- Panjang saluran	40,00	0,02	80,00
- Lebar saluran Hulu	20,00	0,02	40,00
- Lebar Saluran Hilir	25,00	0,02	50,00
Saluran Peluncur		0,02	0,00
- Panjang Peluncur	150,00	0,02	300,00
- Lebar Saluran Hulu	20,00	0,02	40,00
- Lebar Saluran Hilir	20,00	0,02	40,00
Peredam Energi Type Kolam			
- Panjang peredam energi	50,00	0,02	100,00
- Lebar perdam energi	20,00	0,02	40,00
- Tinggi endsill	1,50	0,02	3,00
- Δz	5,00	0,02	10,00
Pintu		0,02	0,00
- Tinggi pintu	10,00	0,02	20,00
- Lebar pintu	10,00	0,02	20,00

Sumber : Acyta, 2013

3.2 Skala model

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

- Tujuan dari pengujian.
- Ketelitian yang diharapkan.
- Fasilitas yang tersedia di laboratorium.
- Waktu dan biaya yang tersedia.

Dalam penentuan skala pada model perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.2 dengan penetapan skala model minimal metode Russel berdasarkan debit banjir rancangan Q_{2th}

Tabel 3.2. Analisa ketelitian penetapan skala model minimal metode Russel berdasarkan debit banjir rancangan Q_{2th}

No.	Tingkat kesalahan yang diijinkan model	Tingkat ketelitian yang diharapkan model	Asumsi kehilangan tinggi tekan di model	Perhitungan trial & eror	Persyaratan Tinggi air diatas ambang pelimpah di model minimal	Tinggi Air diatas pelimpah prototype Q_{2thn}	Rasio skala model	Skala model
	$e = \Delta q/q$	$1-e$	k_h	$\{(H-K_h)/H\}^{3/2}$	H (trial)	H	1:n	n
	(%)	(%)	(mm)	(mm)	(mm)	(m)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,00	99,00	0,46	0,99	684,08	0,70	0,10	10,23
2	2,00	98,00	0,46	0,98	34,15	0,70	0,05	20,50
3	3,00	97,00	0,46	0,97	22,74	0,70	0,03	30,50
4	4,00	96,00	0,46	0,96	17,02	0,70	0,02	41,13
5	5,00	95,00	0,46	0,95	13,60	0,70	0,02	51,49
6	6,00	94,00	0,46	0,94	11,31	0,70	0,02	61,90
7	7,00	93,00	0,46	0,93	9,68	0,70	0,01	72,34
8	8,00	92,00	0,46	0,92	8,45	0,70	0,01	82,83
9	9,00	91,00	0,46	0,91	7,50	0,70	0,01	93,34
10	10,00	90,00	0,46	0,90	6,74	0,70	0,01	103,90

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

[1] = Nomer percobaan

[2] = Nilai asumsi kesalahan yang diijinkan dalam percobaan

[3] = ($\{1\} - \{2\}$)

[4] = Nilai kriteria kehilangan tinggi tekan sesuai tipe pelimpah ambang mercu bulat

[5] = ($\{6\} - \{4\} / \{6\}$)^{3/2}

[6] = ($\{7\} - \{4\} / \{6\}$)^{3/2} = 0 = trial goal seek

[7] = Data perhitungan teoritis berdasar data *outflow* penelusuran banjir (*flood routing*) melalui pelimpah

[8] = ($\{1\} : \{9\}$)

[9] = $\{6\} / \{7\}$

- Contoh Perhitungan analisa skala model metode Russel pada nomer percobaan 1 :

Asumsi nilai $e = 1\%$, $1-e = 1-0,01 = 99,99\%$

$$K_h = 0,46$$

$$H_{\text{trial}} = 684,08$$

$$((H-K_h)/H)^{3/2} \rightarrow \text{masukkan } H_{\text{trial}}$$

$$((684-0,46)/684,08)^{3/2} = 0,999$$

Cek dengan H pada pelimpah = 0,700

$$((H_d-K_h)/H_{\text{trial}})^{3/2} = 0$$

$$((0,7-0,46)/684,08)^{3/2} = 0$$

$$0 = 0 \rightarrow \text{ok !}$$

Skala model $L_r = H_{\text{trial}} / H_d = 684,08 / 700 = 1/10,23$, maka $n = 10,23$.

Pada Permodelan Waduk gondang ini skala dipilih 1:50 maka dihitung

$$\frac{\Delta q}{q} = 1 - \left\{ \frac{H_e}{H} \right\}^{3/2} = 4.8\% \text{ sesuai hasil perhitungan pada tabel 3.3.}$$

Tabel 3.3. Analisa ketelitian penetapan skala model minimal metode Russel berdasarkan debit banjir rancangan $Q_{2\text{th}}$ dengan skala 1:50

Tingkat kesalahan yang diijinkan model	Tingkat ketelitian yang diharapkan model	Asumsi kehilangan tinggi tekan di model	Perhitungan trial & eror	Persyaratan Tinggi air diatas ambang pelimpah di model minimal	Tinggi Air diatas pelimpah prototype $Q_{2\text{th}}$	Rasio skala model	Skala model
$e = \Delta q/q$	$1-e$	k_h	$\{(H-K_h)/H\}^{3/2}$	H (trial)	H	1:n	n
(%)	(%)	(mm)	(mm)	(mm)	(m)		
4,84	95,16	0,46	0,95	12,84	0,70	0,02	50,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan mempertimbangkan tinggi muka air diatas pelimpah dan besar alat ukur yang digunakan dalam pengukuran tinggi muka air dan kecepatan, maka ditetapkan skala yang dipakai adalah *undistorted* 1:50. Dengan menggunakan skala geometris

undistorted 1 : 50, maka rasio perbandingan besaran-besaran yang berhubungan dengan pemodelan dapat diketahui sebagaimana Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Rasio Perbandingan Besaran-besaran Prototipe Ke Model

No	Besaran	Notasi	Rumus	Rasio ($n_h = n_L = 50$)
1.	Kecepatan Aliran	u	$n_u = n_h^{1/2}$	$n_u = 7,071$
2.	Waktu Aliran	t	$n_t = n_h^{1/2}$	$n_t = 7,071$
3.	Debit Aliran	Q	$n_Q = n_h^{5/2}$	$n_Q = 17.677,67$
4.	Diameter Butiran	d	$n_d = n_h$	$n_d = 50$
5.	Volume	V	$n_V = n_h^3$	$n_V = 125.000$
6.	Koefisien Chezy	C	$n_C = 1$	$n_C = 1$
7.	Koefisien Manning	n	$n_n = n_h^{1/6}$	$n_n = 1,9194$

Sumber: Hasil Perhitungan

3.3 Konstruksi Model

Beberapa bagian dari prototipe Waduk Gondang yang dimodelkan dengan menggunakan jenis dan skala tersebut di atas terdiri dari :

1. Bagian bendungan utama terbuat dari pasangan batu bata dan semen serta di cat.
2. Untuk bangunan pelimpah, dasar saluran transisi, saluran peluncur dan peredam energi (*stilling basin*) terbuat dari kayu jati yang diperhalus dan dicat untuk menyamai keadaan sesungguhnya di lapangan.
3. Dinding pada saluran transisi, saluran peluncur dan peredam energi terbuat dari bahan *fiberglass* agar dapat diamati keadaannya.

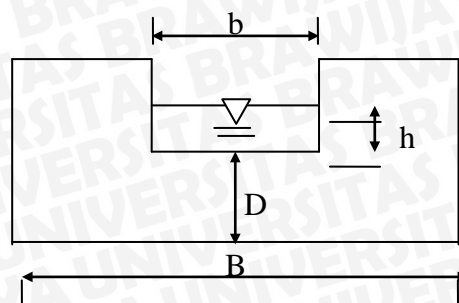
3.4 Tahapan dan Rancangan Pengujian

3.4.1 Persiapan

Beberapa persiapan dalam melakukan uji model fisik adalah:

3.4.1.1 Alat Ukur Debit Rechbox

Debit aliran yang masuk ke model diukur dengan ambang lebar tipe Rechbox dengan dimensi sebagai berikut :



$$B = 2,6 \text{ m} \quad h = \text{tinggi muka air (m)}$$

$$b = 0,6 \text{ m} \quad D = 2,6 \text{ m}$$

Debit aliran teoritik yang melalui Rechbox dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = k.b.h^{3/2}$$

dengan:

$$Q = \text{debit (m}^3 \cdot \text{menit}^{-1}\text{)}$$

$$K = \text{koefisien debit (m}^{1/2} \cdot \text{menit}^{-1}\text{)}$$

$$K = 107,1 + \frac{0,177}{h} + 14,2 \frac{h}{D} - 25,7 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 2,04 \sqrt{\frac{B}{D}}$$

$$b = \text{lebar mercu (m)}$$

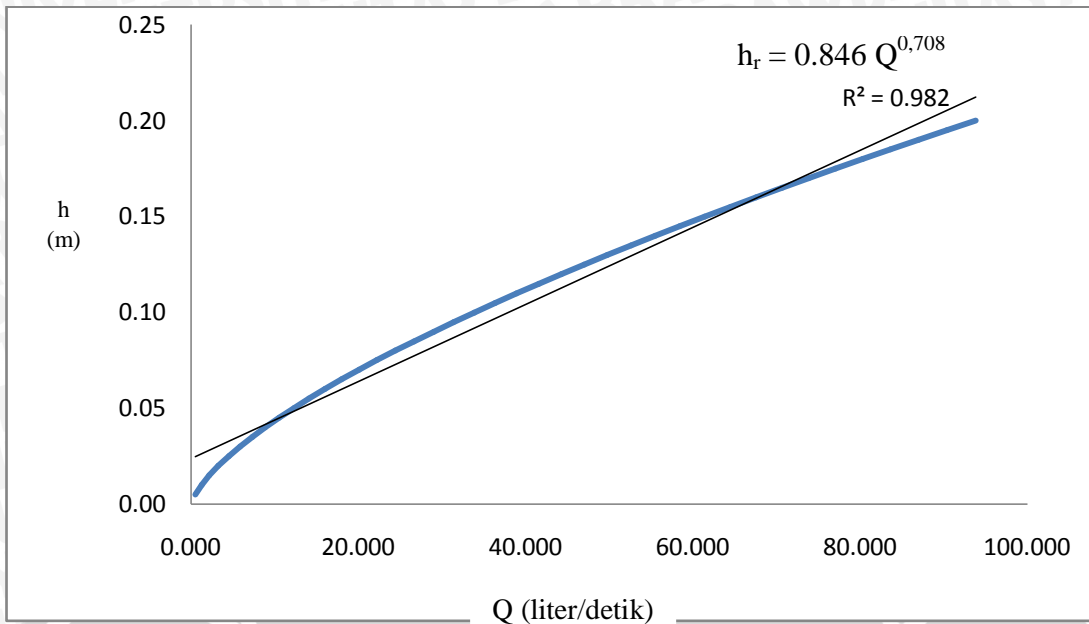
$$h = \text{kedalaman air di atas mercu (m)}$$

$$B = \text{lebar saluran (m)}$$

$$D = \text{tinggi dari dasar saluran ke dasar mercu (m)}$$

3.4.1.2 Cara Pengukuran :

1. Tentukan *index point gauge* (IPG) dengan menyentuhkan ujung jarum point gauge pada crest alat ukur debit.
2. Gerakkan dan atur jarum point gauge sehingga angka nol tepat pada angka meteran taraf pada angka 43, sehingga $IPG = 0 = 43$.
3. Ukur tinggi pada alat ukur dengan menyentuhkan ujung jarum P.G pada muka air, meteran taraf dibaca dan dicatat.
4. Harga k masukkan dalam rumus alat ukur debit, maka dapat dihitung besarnya debit percobaan.
5. Besarnya debit percobaan selanjutnya akan dibandingkan dengan tinggi muka air di hulu pelimpah. Jika pada salah satu debit percobaan, tinggi muka air di hulu pelimpah sudah sama atau mendekati nilai tinggi muka air hasil routing waduk, maka debit aliran yang lewat di alat ukur rechbox dianggap benar.



Gambar 3.1 Lengkung debit alat ukur Rechbox

Sumber: Hasil Perhitungan

3.4.1.3 Pengambilan Data

Data yang diukur adalah data tinggi muka air, data kecepatan aliran, dan data tekanan. Muka air yang terjadi akibat adanya aliran yang dengan debit tertentu diukur dengan menggunakan meteran taraf (*point gauge*), sedangkan kecepataannya diukur dengan menggunakan tabung pitot (*pytot tube*), sedangkan tekanan diukur menggunakan *pizometer*.

3.4.2 Data Teknik Operasi

Data-data teknis debit operasi yang akan diujikan (Tabel 3.5)

Tabel 3.5. Data Teknis Debit

Debit rencana	Q prototipe	Q model	Q model	Tinggi rechbox	Tinggi rechbox	Bacaan Rechbox
	m ³ /dtk	m ³ /dtk	liter/dtk	(m)	(cm)	
2 th	82,75	0,0047	4,681	0,0256	2,5627	54,563
50 thn	218,26	0,0123	12,347	0,0502	5,0186	57,019
100 th	253,16	0,0143	14,32	0,0556	5,5558	57,556
1000 th	396,93	0,0225	22,45	0,0757	7,5711	59,571
PMF	683,3	0,0387	38,65	0,1096	10,9591	62,959

Sumber: Hasil Perhitungan

3.4.2 Rancangan Pengujian

Pengujian perilaku hidraulika aliran di bangunan pelimpah serta bangunan-bangunan pelengkapanya diuji dalam kondisi model seri original *design*, seri alternatif 1, seri alternatif 2, dan final *design*.

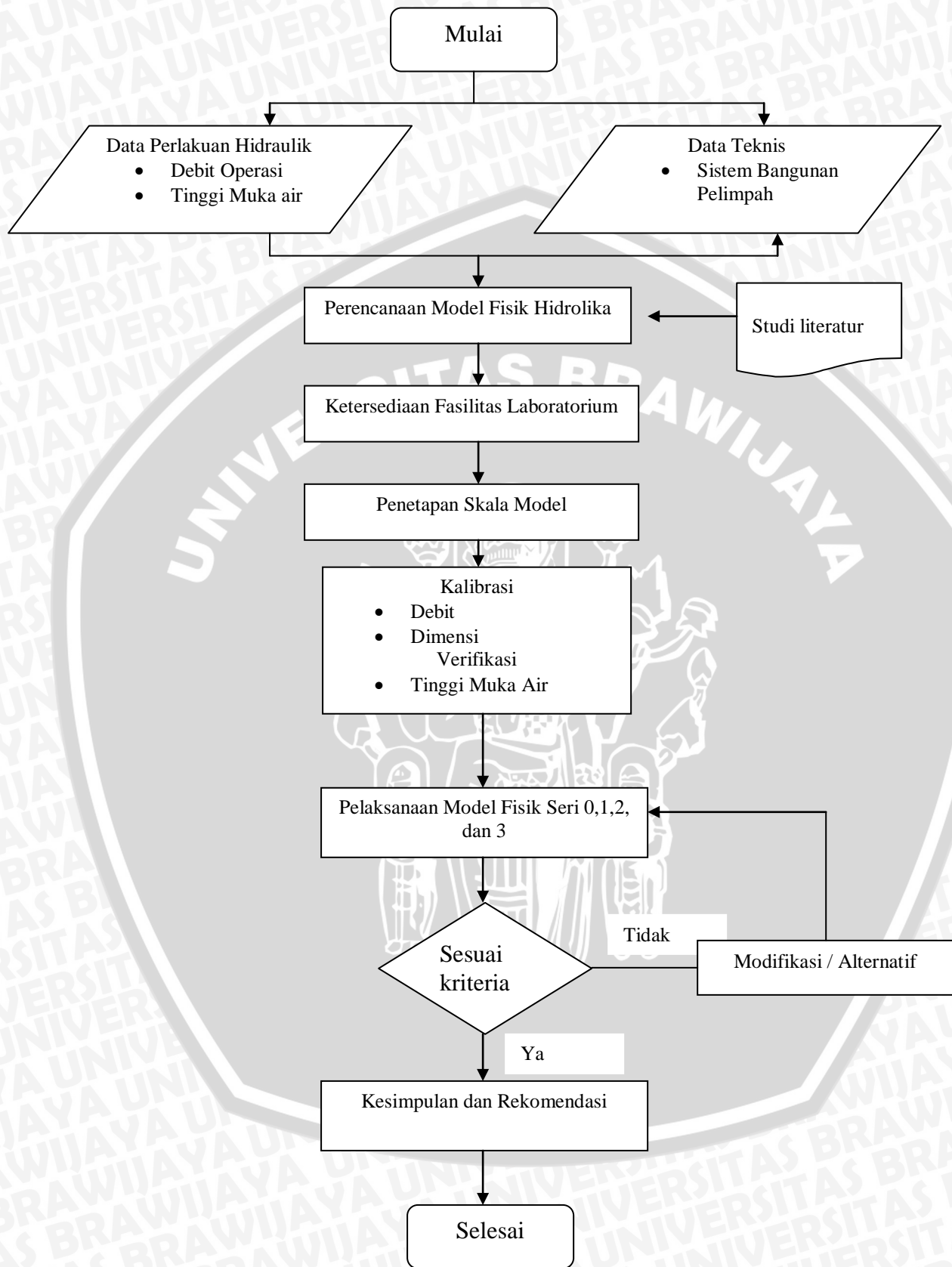
3.5 Rancangan Hasil Pengujian

Berdasarkan parameter dan rancangan penelitian, maka diharapkan dapat memberikan alternatif hasil efektif, yang dalam hal ini aman terhadap kestabilan konstruksi bangunan. Adapun rancangan hasil Pengujian disajikan dalam Tabel 3.6. berikut:

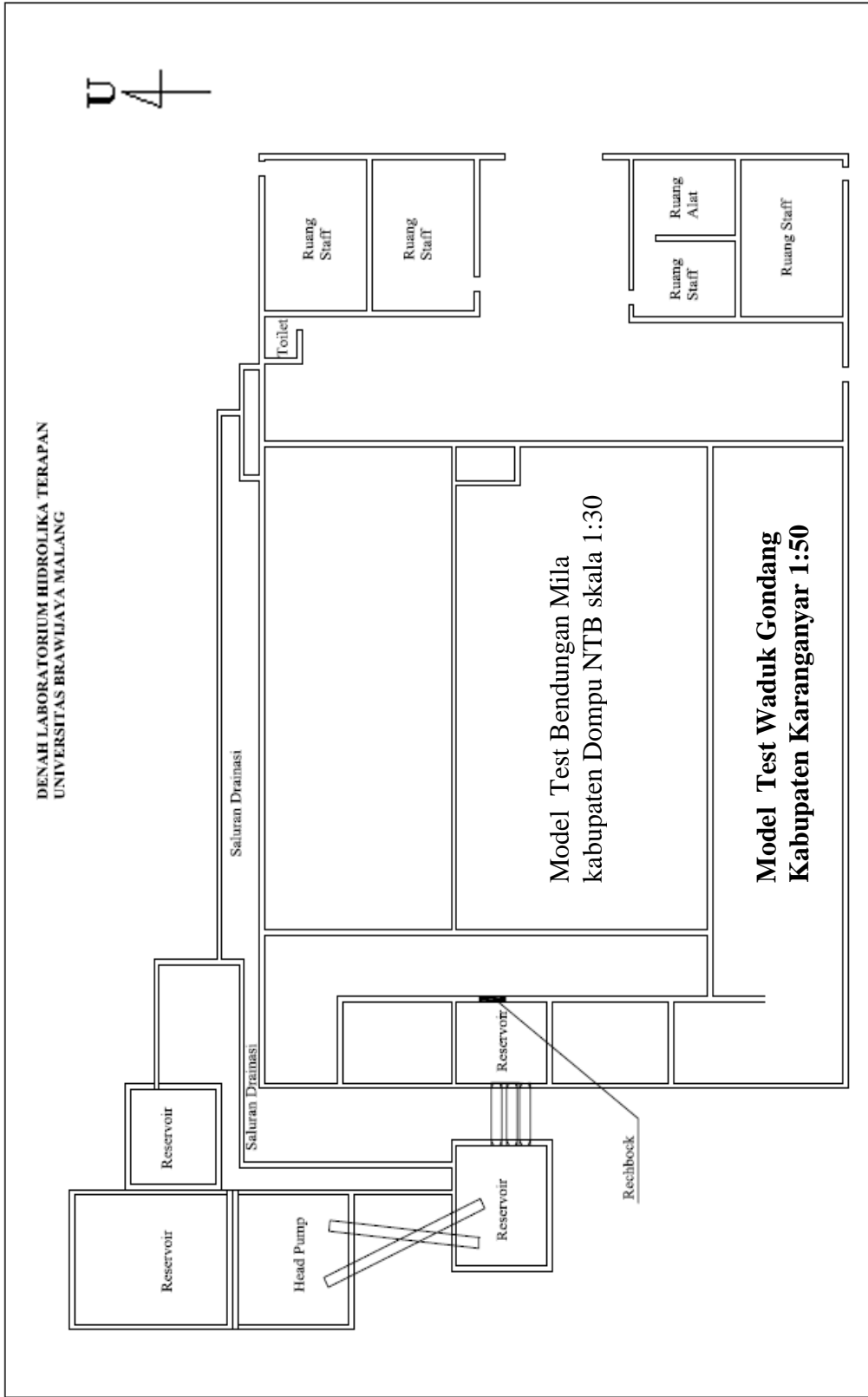
Tabel 3.6. Rancangan Hasil Pengujian

No.	Bagian yang akan diuji	Data yang diperlukan	Rancangan hasil pengujian
1.	Pelimpah	<ul style="list-style-type: none"> • Tinggi tekan • Kecepatan • Tinggi muka air 	<ul style="list-style-type: none"> • Hubungan koefisien debit terhadap perubahan debit yang lewat di atas pelimpah • Kavitasi • Kapasitas pelimpah
2.	Saluran transisi	<ul style="list-style-type: none"> • Tinggi tekan • Kecepatan • Tinggi muka air 	<ul style="list-style-type: none"> • Rancangan penentuan posisi aliran kritis dibagian ujung hilir saluran transisi • Kondisi aliran
3.	Saluran peluncur	<ul style="list-style-type: none"> • Tinggi tekan • Kecepatan • Tinggi muka air 	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi aliran • Aliran getar • Kavitasi
4.	Peredam energi	<ul style="list-style-type: none"> • Tinggi tekan • Kecepatan • Tinggi muka air 	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi aliran
5.	Hilir peredam energi	<ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan • Tinggi muka air 	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi gerusan • Kedalaman gerusan

Sumber: Data Uji Model



Gambar 3. 2. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi



Gambar 3.3. Skema Lokasi Model Waduk Gondang