

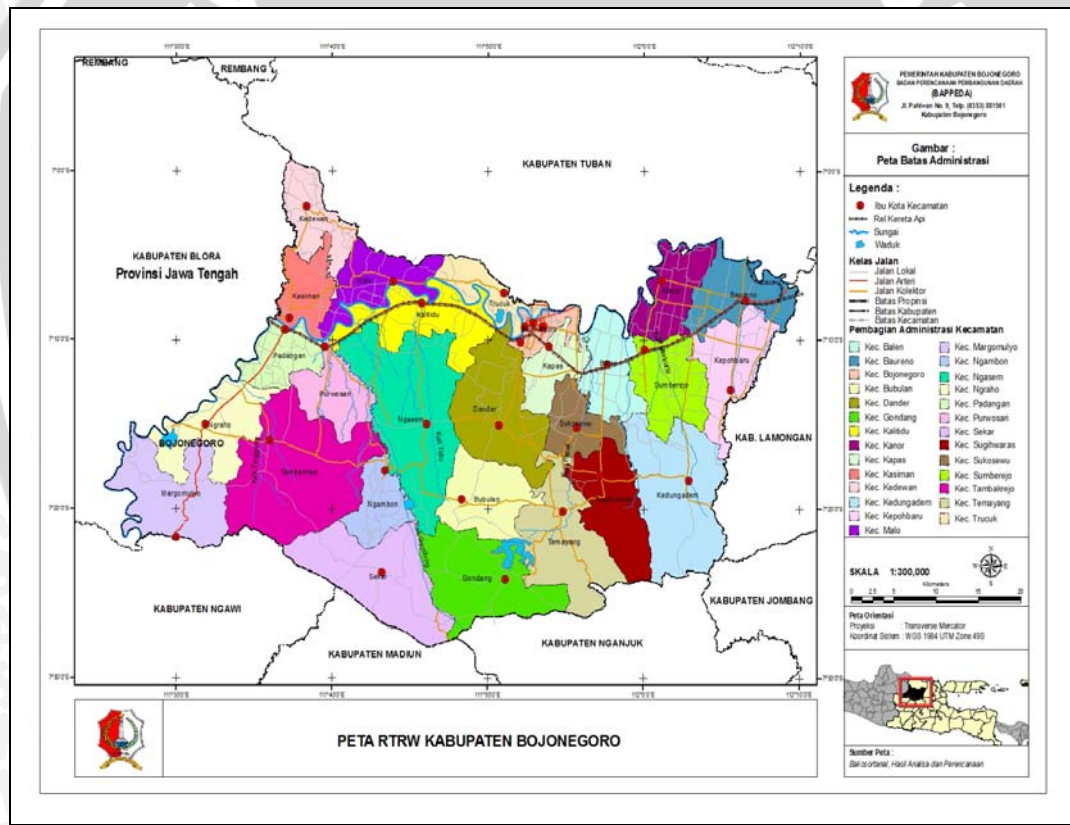
### BAB III METODOLOGI

#### 3.1. Daerah Studi

Bendungan Gongseng terletak di SUB DAS Bengawan Solo yang terdapat di Kabupaten Bojonegoro Propinsi Jawa Timur. Secara administrasi daerah ini dibatasi oleh:

- Sebelah Utara : Kabupaten Tuban
- Sebelah Selatan : Kabupaten Nganjuk
- Sebelah Timur : Kabupaten Lamongan
- Sebelah Barat : Kabupaten Blora Propinsi Jawa Tengah

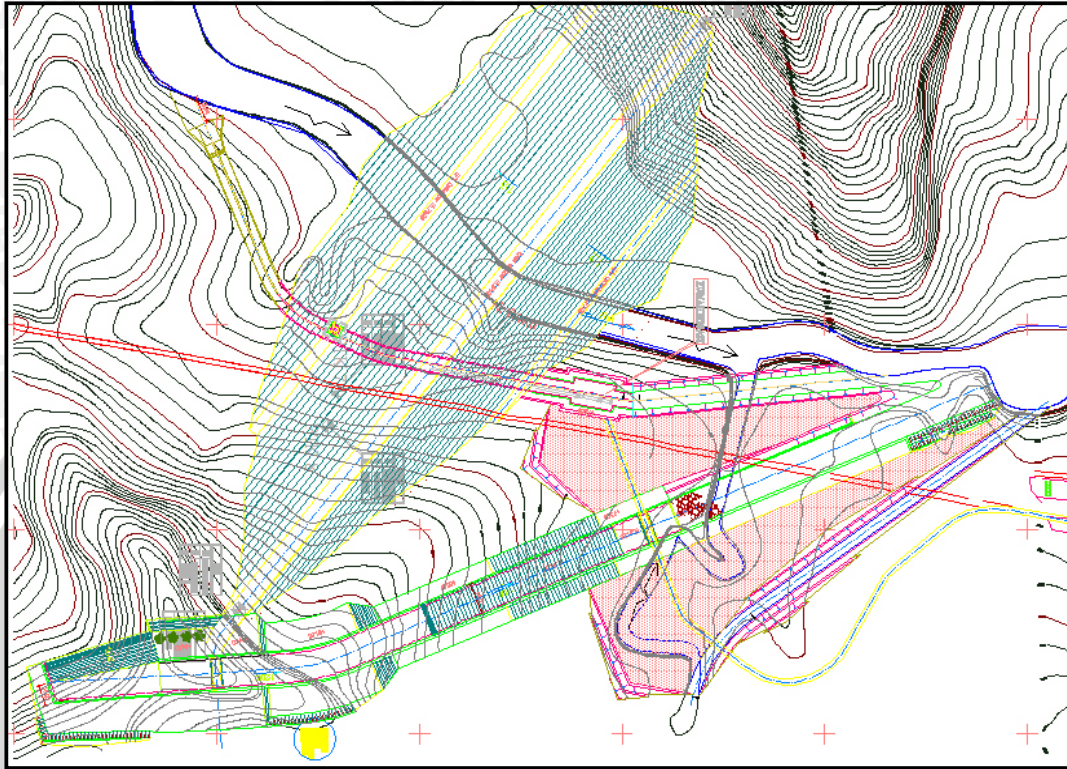
Peta lokasi studi disajikan pada **Gambar 3.1** berikut ini.



Gambar 3.1. Lokasi proyek Bendungan Gongseng

Pembangunan Waduk Gongseng ini penting dilaksanakan dalam rangka mewujudkan waduk sebagai infrastruktur irigasi untuk mendukung ketahanan pangan. Di samping itu, pembangunan waduk Gongseng juga diprioritaskan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yaitu untuk penyediaan air baku untuk wilayah Kabupaten Bojonegoro. Sebagai acuan pembangunan bendungan dan sertifikasi desain, maka

dilaksanakan pekerjaan *Review FS dan DED Waduk Gongseng Kabupaten Bojonegoro Propinsi Jawa Timur*. Denah bangunan utama Bendungan gongseng dapat dilihat pada **Gambar 3.2.** berikut:



Gambar. 3.2. Denah bangunan utama

### 3.2. Fasilitas Pengujian

Untuk mendukung pelaksanaan penelitian model fisik Bendungan Gongseng Kabupaten Bojonegoro Propinsi Jawa Timur ini digunakan fasilitas Laboratorium Sungai dan Rawa Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Alat-alat pendukung percobaan model yang digunakan terdiri dari:

1. 4 buah Pompa air listrik masing-masing berkapasitas 25 l/dt, 45 l/dt, 30 l/dt, 30 l/dt.
2. Kolam penampung air sebagai sistem distribusi air.
3. Bangunan ukur debit rechbox yang terbuat dari *fiber glass* tebal 5 mm dengan ukuran yang disesuaikan dengan standar.
4. Alat pengukur tinggi muka air berupa *point gauge* dan mistar, alat pengukur kecepatan berupa tabung pitot, dan alat pengukur tinggi tekanan berupa *pizometer*.
5. Model fisik yang dikaji adalah model fisik Bendungan Gongseng.
6. Besar dan dimensi bangunan sesuai dengan hasil *final design* model fisik Bendungan Gongseng dengan skala 1:50.

Tabel 3.1. Konversi dimensi dari prototipe ke model

Deskripsi	Prototipe (m)	Rasio	Model (cm)
<b>I. Bendungan Utama</b>			
• Tinggi	30,00	0,02	60,00
• Lebar Puncak	9,00	0,02	18,00
<b>II. Pelimpah</b>			
• Tinggi ambang pelimpah	4,00	0,02	5,00
• Lebar pelimpah	55,00	0,02	110,00
<b>III. Saluran Samping</b>			
• Lebar saluran hulu	10,00	0,02	20,00
• Lebar saluran hilir	16,00	0,02	32,00
<b>IV. Saluran Transisi</b>			
• Panjang saluran	148,73	0,02	297,46
• Lebar saluran hulu	16,00	0,02	32,00
<b>V. Saluran Peluncur</b>			
• Panjang saluran	89,51	0,02	179,02
• Lebar saluran hulu	16,00	0,02	32,00
• Lebar saluran hilir	16,00	0,02	32,00
<b>VI. Peredam Energi</b>			
• Panjang saluran	30,00	0,02	60,00
• Lebar saluran	16,00	0,02	32,00

Sumber: Data teknis laporan Bendungan Gongseng, 2011

### 3.3. Skala Model

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

- Tujuan dari pengujian dan ketelitian yang diharapkan
- Fasilitas yang tersedia di laboratorium dan waktu dan biaya yang tersedia

Penetapan skala minimum:

Ketinggian air minimum di atas pelimpah adalah 0,821 m (hitungan desain pelimpah,  $Q_{2th} = 90,460 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

Berdasarkan persamaan:

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

$$5\% = 1 - \left\{ \frac{H - 0.457}{H} \right\}^{3/2} \quad (3-2)$$

$$H = 13.326 \text{ mm}$$

$$\text{Skala model Lr} = \frac{13,326}{821} = \frac{1}{61,61}$$

Skala minimum yang dibutuhkan untuk model uji fisik adalah 1:62. Dengan mempertimbangkan luas ruangan laboratorium yang masih mencukupi, tinggi muka air diatas pelimpah dan kemampuan pompa dalam mengalirkan debit, maka ditetapkan skala yang dipakai adalah *undistorted* 1:50. Dengan menggunakan skala geometris *undistorted* 1:50, 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 ( $n_h = n_L = 50$ )
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	$n$	$n_n = n_h^{1/6}$	$n_n = 1.919$

Sumber: Hasil perhitungan

### 3.4. Tahapan dan Rancangan Pengujian

#### 3.4.1. Persiapan

Beberapa persiapan dalam melakukan uji model fisik adalah:

##### 1. Persiapan awal

Persiapan awal yang dimaksudkan adalah pengumpulan data-data teknis debit operasi yang akan diujikan pada **Tabel 3.3** berikut:

Tabel 3.3. Data teknis debit operasi

Kala Ulang	Debit (Q) Prototipe (m <sup>3</sup> /dt)	Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah (Hd)		KR (%)
		Perhitungan (m)	Model (m)	
Q2th	90.46	0.881	0.90	2.15
Q100th	258.00	1.643	1.70	3.47
Q1000th	368.56	2.074	2.15	3.66
QPMF	786.15	3.395	3.40	0.14

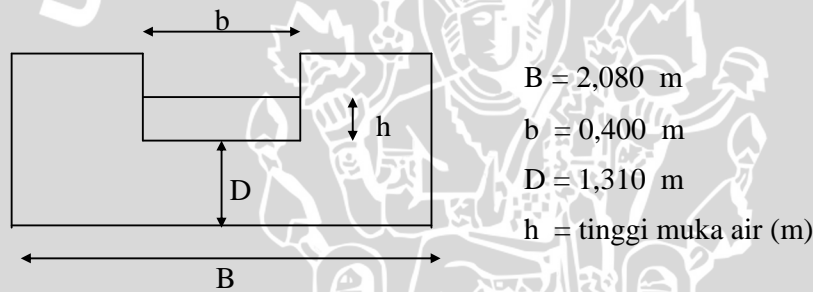
Sumber: Data perhitungan dari PT. Ika Adya Perkasa Consulting, 2011

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. Alat Ukur Debit Rechbox

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



Gambar 3.3. Alat ukur debit rechbox

Debit aliran teoritik yang melalui rechbox dapat dihitung dengan rumus:

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

Dengan:

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

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

$$K = 107.1 + \frac{0.177}{h} + 14.2 \frac{h}{D} - 25.7 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 2.04 \sqrt{\frac{B}{D}}$$

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

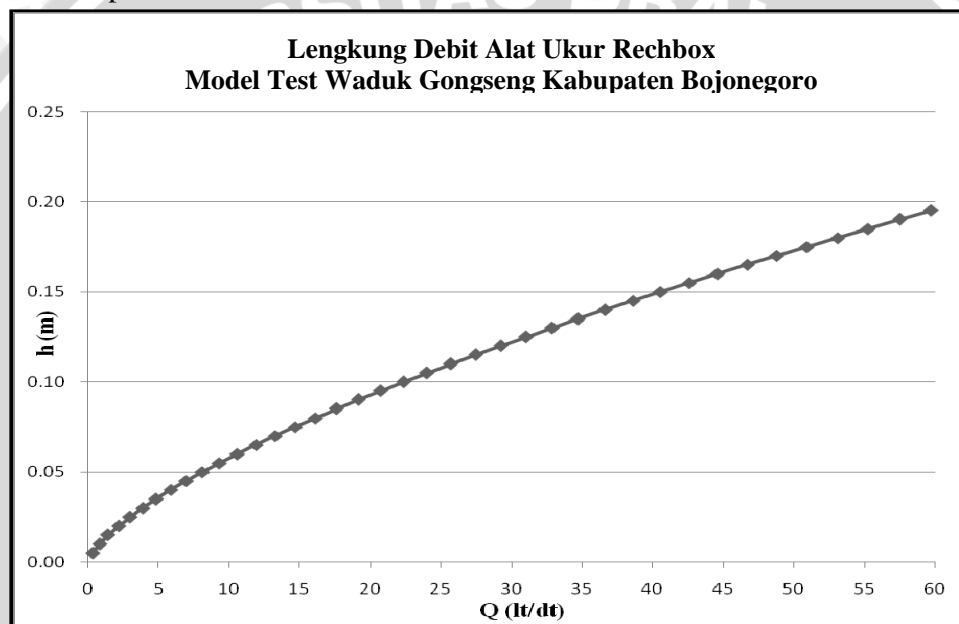
$$h = \text{kedalaman air di atas mercu (m)}$$

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

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

Cara Pengukuran:

1. Tentukan index P.G dengan menyentuhkan ujung jarum P.G pada *crest* alat ukur debit.
2. Stel *nonius* sehingga angka nol tepat pada angka meteran taraf misal angka 43.  $IP = 0 = 43$ .
3. Ukur tinggi pada alat ukur dengan menyentuhkan ujung jarum P.G pada muka air, meteran taraf dibaca dan dicatat.
4. Lakukan tiga kali pengukuran dengan tinggi muka air yang berbeda.
5. Harga k masukkan dalam rumus alat ukur debit, maka dapat dihitung besarnya debit percobaan.



Gambar 3.4. Lengkung debit alat ukur rechbox model test Bendungan Gongseng Kabupaten Bojonegoro

### 3.4.3. Rancangan Pengujian

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

#### 1. Kalibrasi

Kalibrasi adalah pengaturan model agar supaya data-data yang ada di prototipe sesuai dengan yang ada di model.

#### 2. Verifikasi

Verifikasi adalah pembuktian bahwa model sudah sesuai dengan yang ada di prototipe tanpa merubah atau mengatur model lagi.

### 3. Model seri 0

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

### 4. Model *development test*

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

### 5. Model *final design*

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

## 3.5. Rancangan Hasil Pengujian

Berdasarkan parameter dan rancangan penelitian, maka diharapkan dapat memberikan alternatif hasil efektif, dalam hal ini aman terhadap kestabilan konstruksi bangunan. Adapun rancangan hasil penelitian disajikan dalam **Tabel 3.4.** berikut:



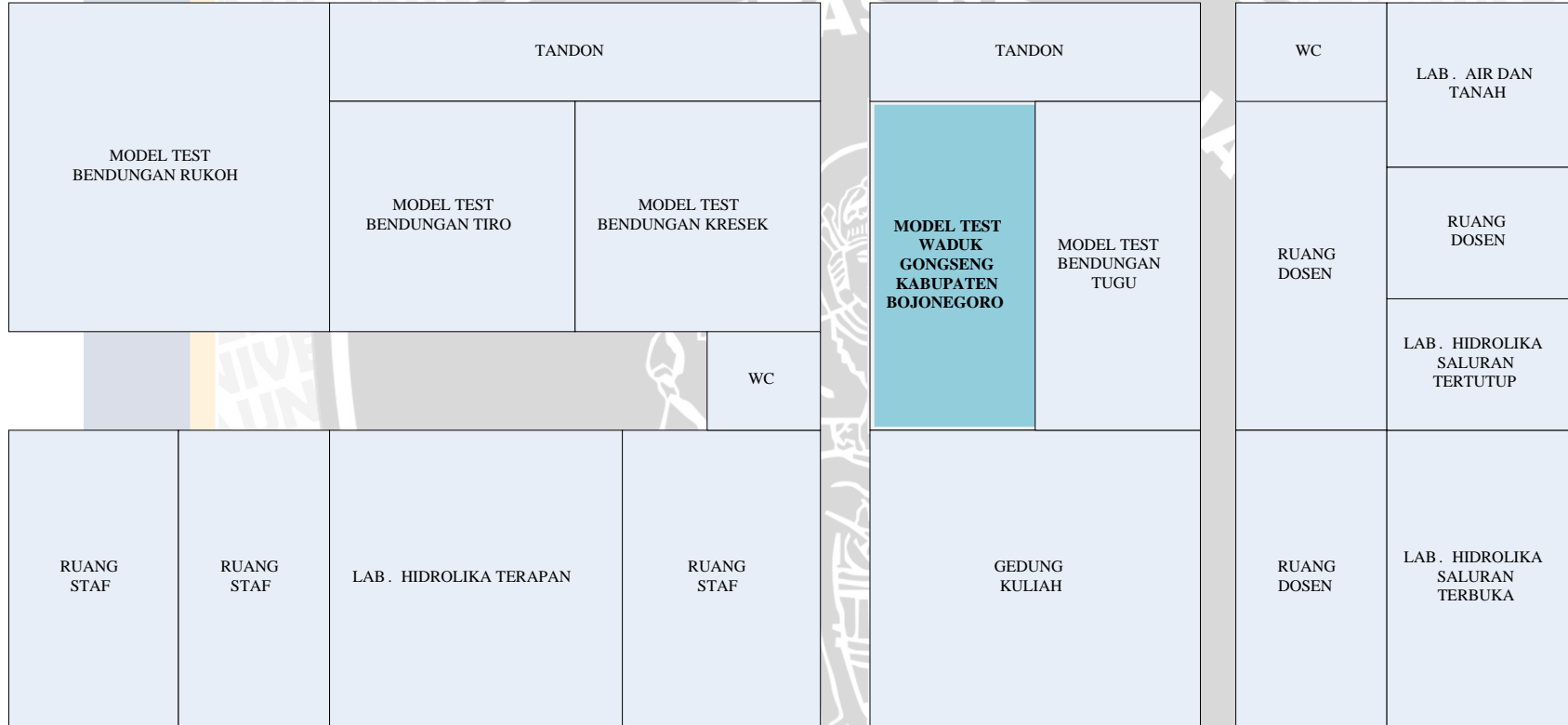
Tabel 3.4. Matriks Kriteria Evaluasi Bendungan Gongseng

No.	Bangunan	Kondisi Aliran	Evaluasi	Alat Evaluasi
1	Pelimpah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak terjadi overtopping</li> <li>• Kondisi aliran harus merata di bagian lengkung pelimpah</li> <li>• Debit banjir yang melintasi tidak menyebabkan aliran yang menenggelamkan bendungan pada saluran pengaturnya</li> <li>• Perbedaan elevasi permukaan air di hulu dan di hilir bendung pengatur tidak kurang dari 2/3 kali tinggi air diatas mercu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cd pada pelimpah yaitu <math>Q2th=1,986 Q100th=2,156 Q1000th=2,191 QPMF=2,396</math></li> <li>• Kecepatan masuknya aliran tidak melebihi 4m/dt, untuk froude <math>Fr &gt; 1</math> (Super kritis)</li> <li>• Bentuk dan dimensi saluran pengarah aliran disesuaikan dengan kondisi topografi serta dengan persyaratan aliran hidrolika yang baik</li> <li>• Tidak terjadi kavitasi pada lengkung pelimpah karena hampir tidak ada letupan-letupan gelembung udara (<math>\sigma &gt; \sigma_1</math>)</li> <li>• koefisien debit diperoleh dan dipengaruhi oleh faktor : <ul style="list-style-type: none"> <li>• kedalaman air di dalam saluran pengarah aliran</li> <li>• Kemiringan lereng hulu pelimpah</li> <li>• Tinggi air di atas mercu pelimpah</li> <li>• Perbedaan antara tinggi air rencana pada saluran pengatur aliran</li> </ul> </li> </ul>	V = Tabung Pitot H = Water Pass pizometer
2	Saluran Samping	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak menimbulkan efek balik aliran di atas pelimpah</li> <li>• Dimensi saluran samping harus mampu menjaga kondisi aliran yang subkritis</li> <li>• Energi yang timbul di dalam aliran langsung dapat di redam dengan benturan sesama massa air dan gesekan di antara molekul air pada saluran samping</li> <li>• Mampu melewati semua debit rancangan tanpa terjadinya sumerged flow pada saluran samping</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pada saluran samping, untuk froude <math>Fr &lt; 1</math> yaitu pada aliran subkritis dipengaruhi oleh keadaan di hilir</li> <li>• Indek kavitasi lebih besar dari angka batas kavitasi (<math>\sigma &gt; \sigma_1</math>) sehingga tidak terjadi kavitasi</li> <li>• Angka "a" dan "n" dari persamaan ( debit pada titik x ) agar dicari dalam kombinasi sedemikian rupa sehingga mempunyai bentuk hidrolika yang baik, dimana : <ul style="list-style-type: none"> <li>• a = koefisien yang berhubungan dengan kecepatan aliran di saluran samping</li> <li>• n = ekspoen untuk kecepatan aliran di saluran samping</li> </ul> </li> </ul>	V = Tabung Pitot H = Water Pass
3	Saluran Transisi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saluran Transisi harus mampu menjaga kondisi aliran subkritis sampai kritis pada awal saluran peluncur <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mampu menjaga dan mengatur aliran debit banjir abnormal</li> <li>• Aliran seragam dari awal saluran transisi sampai akhir saluran transisi</li> </ul> </li> <li>• Debit rencana yang disalurkan tidak menimbulkan air terhenti di bagian hilir saluran samping</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentuk saluran transisi yang simetris pada penampang limping dan tampak atasnya</li> <li>• untuk froude pada saluran transisi terjadi aliran subkritis <math>Fr &lt; 1</math> dan menuju awal saluran peluncur untuk alirannya menunjukan angka Froude <math>Fr = 1</math> (kritis)</li> <li>• Pengaruh kecepatan dan tekanan yang terjadi pada transisi tidak menimbulkan adanya kavitasi (<math>\sigma &gt; \sigma_1</math>)</li> <li>• Diperoleh bentuk tampak atas dan tampak samping maka garis dasar saluran transisi adalah (elevasi dasar ambang hilir = elevasi ambang hulu)</li> </ul>	V = Tabung Pitot H = Water Pass meteran taraf, Benang yang dibuat sejajar pada kayu pizometer
4	Saluran Peluncur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aliran merata tidak terjadi cros flow</li> <li>• Tidak terjadi aliran getar</li> <li>• Tidak terjadi pulsating flow</li> <li>• Mampu menampung air pada setiap debit rancangan</li> <li>• Aliran lancar tanpa hambatan hydrolis</li> <li>• Aliran air dengan kecepatan yang tinggi menimbulkan kenaikan permukaan air di dekat dinding lingkaran luar setinggi dua kali tinggi kenaikan yang disebabkan oleh gaya centrifugal pada daerah lengkung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pada saluran peluncur penampang lintang sebagai patokan supaya diambil bentuk segi empat</li> <li>• kemiringan dasar saluran diusahakan sedemikian rupa sehingga bahaya kavitasi tidak terjadi 6 (<math>\sigma &gt; \sigma_1</math>)</li> <li>• serta getaran yang ditimbulkan aman atau masih mengalirkan kerataan kondisi aliran ini dilihat dari nilai perhitungan bilangan vendernikov dan montuori yang ada pada grafik aliran getar USBR</li> <li>• Untuk froude <math>Fr &gt; 1</math> terjadi aliran superkritis namun stabilitas konstruksi masih aman</li> </ul>	V = Tabung Pitot H = Water Pass meteran taraf, Benang yang dibuat sejajar pada kayu pizometer
5	Stilling Basin (USBR type III)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mampu meredam energi yang timbul pada akhir saluran peluncur sehingga tinggi loncatan hidrolis Y2 hampir sama dengan elevasi TWL</li> <li>• kondisi aliran strem agar loncatan air tepat terletak di dalam kolam olak, tinggi dan panjang loncatan tidak membahayakan bangunan maupun sungai</li> <li>• Mengalirkan air dengan tekanan hydrostatis yang rendah dan debit agak kecil (<math>q &lt; 18.5 m^3/dt, V=18 m^3/dt</math>)</li> <li>• Menghadang aliran serta mendeformir loncatan hydro-lis menjadi lebih pendek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk kolam olak type III froude yang terjadi <math>Fr &gt; 4.5</math> dibuat gigi pemancar pada tepi hulu dasar kolam dan gigi penghadang pada dasar kolam olakan serta ambang perata aliran pada hilir kolam olakan</li> <li>• Aman terhadap kavitasi karena indeks kavitasi lebih besar dari nilai kavitasi (<math>\sigma &gt; \sigma_1</math>)</li> <li>• kedalaman olakan sangat ditentukan oleh tinggi loncatan hidrolis perlu ditambahi tinggi jagaan untuk mengimbangi kenaikan permukaan air yang terjadi di hilir</li> <li>• Aliran dengan tekanan hidrostatik yang rendah (<math>Pw &lt; 60 m</math>)</li> </ul>	V = Tabung Pitot H = Water Pass meteran taraf mengefektifkan buffle bloks
6	Pengarah Hilir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meredam aliran dari peredam energi dan mengurangi olakan pada saluran pengarah hilir</li> <li>• Aliran harus berada dalam kondisi subkritis</li> <li>• Penunton dan pengarah aliran agar aliran senantiasa dalam kondisi hidrolika yang baik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pada peredaman energi dari kolam olak aliran yang ada di saluran pengarah hilir menjadi subkritis <math>Fr &lt; 1</math></li> <li>• Kondisi hidrolika yang terjadi aman terhadap konstruksi dinding bangunan</li> <li>• Kecepatan dan tinggi muka air tidak menimbulkan gerusan lokal yang dalam pada sungai bagian hilir namun back water yang terjadi pada saluran pengelak masih tinggi namun <math>\leq 1 m</math></li> <li>• elevasi saluran pengarah hilir cenderung turun dan di kaji dari kecepatan, kedalaman gerusan lokal dan diameter batuan</li> </ul>	V = Tabung Pitot H = Water Pass Benang yang dibuat sejajar pada kayu dengan perlindungan sungai (rip-rap)

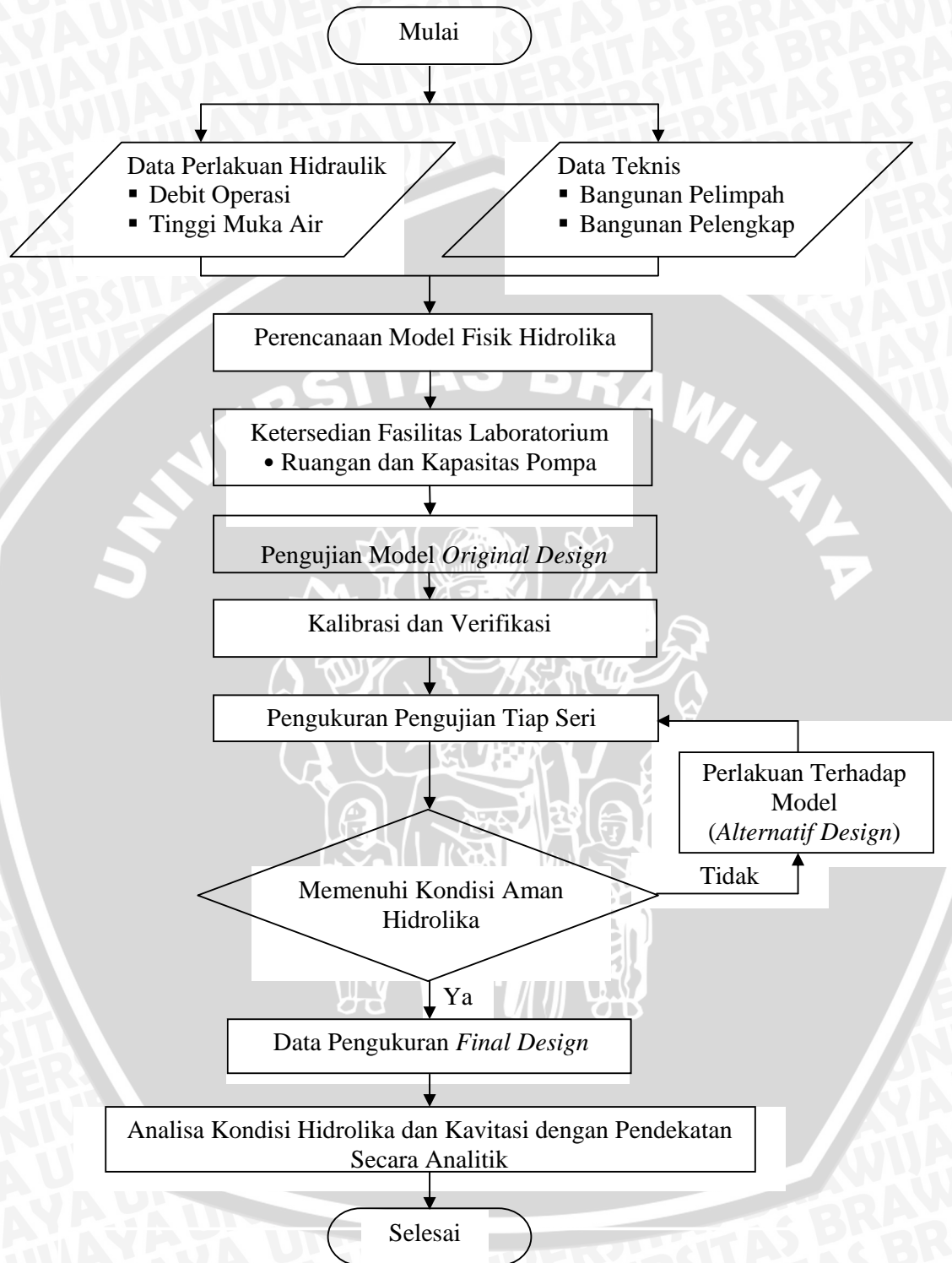
Sumber: Chow, 354-405:1985 dan laporan proyek Bendungan Gongseng, 2011



Pengujian Model Test Bendungan Gongseng dilakukan di Laboratorium Sungai dan Rawa Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya, berikut adalah denah lokasi yang ada pada **Gambar 3.5**:



Gambar 3.5. Denah lokasi model test Bendungan Gongseng Kabupaten Bojonegoro



Gambar 3.6. Diagram alir pengerjaan skripsi