

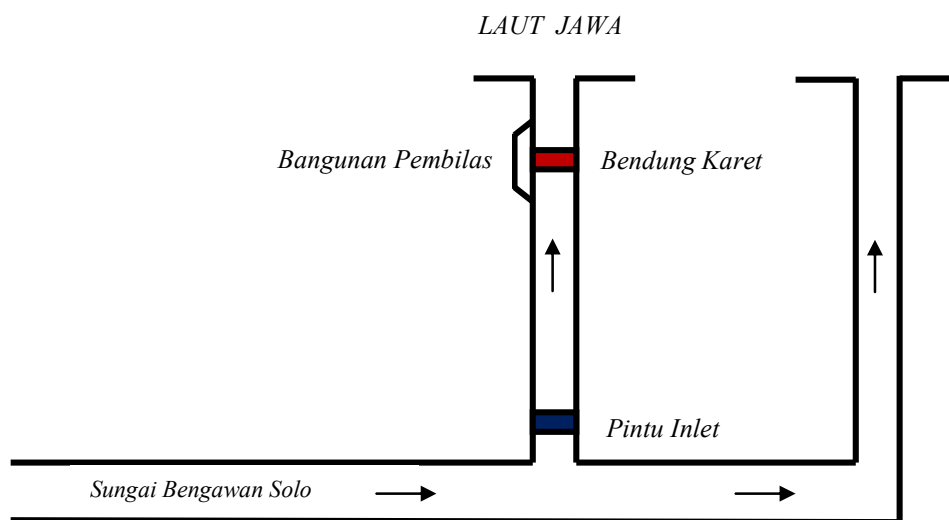
## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Skenario Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen melalui uji model fisik hidraulik di laboratorium. Sebagai prototipe dari penelitian ini adalah Kanal-banjir Sedayu Lawas. Berdasarkan data pengukuran lapangan pada Kanal-banjir Sedayu Lawas dan daerah sekitarnya, maka dibuatlah model fisik 3 dimensinya di laboratorium. Data-data lapangan yang digunakan meliputi: data topografi, data morfologi, data struktur bangunan kanal-banjir, data debit air, data pasang surut, dan data sedimen. Model fisik di laboratorium dibuat sedemikian rupa sehingga keserupaan geometrik, kinematik, dan dinamik tercapai.

Kanal-banjir Sedayu Lawas adalah salah satu bangunan pengendali banjir berupa kanal, yang dibangun berawal pada Sungai Bengawan Solo bagian hilir (tepatnya di Desa Pelangwot, Kec. Laren) dan bermuara ke Laut Jawa (tepatnya di Desa Brondong, Kec. Babat, Kab. Lamongan, Jawa Timur). *Lay out* kanal-banjir tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1, sedangkan lokasinya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1. *Lay out* Kanal-banjir Sedayu Lawas



Gambar 3.2. Lokasi Kanal-banjir Sedayu Lawas ([www.google.co.id/maps](http://www.google.co.id/maps))

Kanal-banjir ini mempunyai kapasitas  $640 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tujuan dari kanal-banjir ini adalah untuk menurunkan tinggi genangan, mengurangi lama genangan yang melanda pemukiman, persawahan dan infrastruktur di bagian hulu, dan mengurangi banjir di Sungai Bengawan Solo bagian hilir.

Kanal-banjir Sedayu Lawas dibangun pada tahun 2000 dengan panjang 12,3 km, lebar dasar alur 100 m, kemiringan dasar sungai  $(i) = \frac{1}{411}$ , kemiringan tebing sungai  $\frac{1}{1,5}$  dan  $\frac{1}{2}$ , dengan debit rencana  $640 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kanal-banjir ini (lihat Gambar 3.3) mempunyai bangunan inlet dengan bentuk pintu geser (*slide gate*), lebar pintu  $3 \times 12,5 \text{ m}$  dan lebar pintu pembilas pada bangunan inlet  $1 \times 2 \text{ m}$ . Pada bagian hilir (lihat Gambar 3.4) terdapat bendung karet (*rubber dam*), dengan lebar bendung karet  $4 \times 25 \text{ m}$ , tinggi bendung karet 3 m dan bentuk pilar prisma dengan tebal bagian bawah 5 m dan tebal bagian atas 1,67 m.

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, dilakukan 4 seri pengujian. Keempat seri pengujian tersebut adalah:

- 1) Seri O, pengujian laboratorium dengan kondisi eksisting, yaitu kondisi tanpa bangunan pembilas.
- 2) Seri I, pengujian laboratorium dengan kondisi terdapat bangunan pembilas *overflow* pada kanal-banjir.
- 3) Seri II, pengujian laboratorium dengan kondisi terdapat bangunan pembilas *bypass* pada kanal-banjir.
- 4) Seri III, pengujian laboratorium dengan kondisi terdapat bangunan pembilas *under sluice* pada kanal-banjir.

Pengujian pada Seri O bertujuan untuk mengidentifikasi jumlah berat sedimen yang terbilas dengan 3 macam variasi debit air yang menggambarkan 3 macam kondisi muka air laut. Pengujian pada Seri I, II, dan III, bertujuan untuk mengidentifikasi jumlah berat sedimen yang terbilas dengan 3 macam variasi debit air yang menggambarkan 3 macam kondisi muka air laut dan 3 macam lebar pintu pembilas.

### **3.2 Desain Penelitian**

Pembuatan model fisik di laboratorium menggunakan data struktur bangunan Kanal-banjir Sedayu Lawas dan situasi kondisi di sekitarnya (lihat Gambar 3.5). Model yang dibangun dibuat dengan menggunakan prinsip kesebangunan geometris, kinematis, dan dinamis. Model dibuat dengan menggunakan skala geometris 1:66,667. Untuk

menentukan variabel-variabel dan parameter-parameter yang perlu diukur dalam penelitian ini dilakukan analisis dimensi yang bertujuan untuk menghasilkan variabel non-dimensional. Analisis dimensi tersebut juga bertujuan agar model-model empiris yang dihasilkan pada penelitian ini juga dapat diterapkan pada kanal-banjir lainnya.



Gambar 3.3. *Inlet* Kanal-banjir Sedayu Lawas



Gambar 3.4. Bendung Karet Kanal-banjir Sedayu Lawas



Tiga macam lebar pintu pembilas yang diterapkan pada pengujian adalah 5 m, 10 m, dan 15 m pada prototipe atau setara dengan 7,5 cm, 15 cm, dan 22,5 cm pada model. Sedangkan 3 macam kondisi muka air laut yang diterapkan pada pengujian adalah kondisi muka air laut saat pasang, rata-rata, dan surut. Adapun desain keempat seri pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.1. Pada saat pengujian, bendung karet dikempiskan dan pintu pembilas dibuka. Berat sedimen terbilas yang diukur saat pengujian adalah berat sedimen terbilas dalam keadaan basah, yang diambil setelah 1 jam pengaliran. Oleh karena yang dibutuhkan dalam analisis data adalah berat sedimen terbilas dalam keadaan kering, maka sedimen terbilas diambil sampelnya dan kemudian dilakukan tes kadar airnya ( $\omega$ ). Berat sedimen terbilas kering didapat dengan cara mengalikan berat sedimen terbilas basah dengan angka satu dikurangi kadar airnya ( $1 - \omega$ ).

### 3.2.1 Data yang Digunakan

Data yang digunakan untuk pembuatan model fisik kanal-banjir di laboratorium adalah:

- 1) Data klimatologi dan data hujan, diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika.
- 2) Peta geologi regional, diperoleh dari Dinas Pertambangan Provinsi Jawa Timur, dan Dinas Pertambangan Provinsi Jawa Tengah.
- 3) Peta topografi.
- 4) *Lay out* lokasi penelitian dan peta situasi.
- 5) Analisa banjir rencana di Bengawan Solo hilir serta standar operasional dan prosedur (SOP) kanal-banjir.
- 6) Gambar situasi *assembly drawing* skala 1:500, gambar penampang memanjang dan melintang kanal-banjir.
- 7) Gambar detail bangunan inlet dan bendung karet, dan standar operasional dan prosedur (SOP) *inlet* dan bendung karet.
- 8) Tampang melintang dan memanjang Kanal-banjir Sedayu Lawas.
- 9) *Detail engineering design* bangunan pintu *inlet*.
- 10) Debit rencana aliran dan *rating curve* di hilir sebagai *tail water level*.
- 11) Angka kekasaran manning dan perhitungan tinggi muka air untuk debit kecil (*low water channel*) dan debit besar (aliran melimpah di atas bantaran sungai).
- 12) Data sedimen dan tanah (gradasi dan rapat massa).
- 13) Data elevasi muka air pasang surut di muara kanal-banjir.

Tabel 3.1. Desain Pengujian

SERI	KONDISI MUKA AIR LAUT	DEBIT ALIRAN ( $Q$ , $\text{cm}^3/\text{s}$ )	LEBAR PINTU PEMBILAS ( $B_0$ , $\text{cm}$ )	BERAT SEDIMEN TERBILAS ( $W_s$ , $\text{gr}$ )
O (Eksisting)	Air laut saat pasang	$Q_1$	-	?
	Air laut saat rata-rata	$Q_2$	-	?
	Air laut saat surut	$Q_3$	-	?
I ( <i>Overflow</i> )	Air laut saat pasang	$Q_1$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_1$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_1$	$B_{03} = 22,5$	?
	Air laut saat rata-rata	$Q_2$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_2$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_2$	$B_{03} = 22,5$	?
	Air laut saat surut	$Q_3$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_3$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_3$	$B_{03} = 22,5$	?
II ( <i>Bypass</i> )	Air laut saat pasang	$Q_1$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_1$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_1$	$B_{03} = 22,5$	?
	Air laut saat rata-rata	$Q_2$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_2$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_2$	$B_{03} = 22,5$	?
	Air laut saat surut	$Q_3$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_3$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_3$	$B_{03} = 22,5$	?
III ( <i>Under Sluice</i> )	Air laut saat pasang	$Q_1$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_1$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_1$	$B_{03} = 22,5$	?
	Air laut saat rata-rata	$Q_2$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_2$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_2$	$B_{03} = 22,5$	?
	Air laut saat surut	$Q_3$	$B_{01} = 7,5$	?
		$Q_3$	$B_{02} = 15$	?
		$Q_3$	$B_{03} = 22,5$	?

### 3.2.2 Parameter dan Variabel Penelitian

Pada eksperimen ini terdapat 3 buah parameter dan 4 buah variabel. Ketiga parameter tersebut adalah:

- 1) Rapat massa sediment ( $\rho_s$ ).
- 2) Diameter sedimen ( $d_s$ ).
- 3) Percepatan gravitasi ( $g$ ).

Parameter rapat massa sediment ( $\rho_s$ ) dan diameter sedimen ( $d_s$ ) diketahui dari uji gradasi serbuk batu bara, sedangkan percepatan gravitasi ( $g$ ) diketahui sebesar  $981 \text{ cm/s}^2$ . Adapun keempat variabel yang dimaksud di atas adalah:

- 1) Berat sedimen terbilas ( $W_s$ ).
- 2) Tinggi muka air di bagian hulu kanal-banjir ( $H$ ).
- 3) Kecepatan aliran di kanal-banjir ( $v$ ).

4) Debit air (Q).

Titik Sta. FW16 sebagai titik referensi untuk mengukur tinggi muka air di bagian hulu kanal-banjir dan kecepatan alirannya.

### **3.2.3 Pengujian Seri O, Kondisi Eksisting Tanpa Bangunan Pembilas**

Pengujian Seri O dilakukan dengan 3 macam variasi debit air, yaitu debit air di kanal-banjir saat kondisi muka air laut pasang, kondisi muka air laut rata-rata, dan kondisi muka air laut surut. Masing-masing variasi debit dilakukan 5 kali percobaan. Dalam pengujian ini yang diukur adalah berat sedimen terbilas dalam 1 jam pengaliran. Sedimentasi yang terdapat pada prototipe dimodelkan dengan menghamparkan serbuk batu bara selebar kanal-banjir model (1,5 m), setebal 1 cm, dan sepanjang 5 m.

### **3.2.4 Pengujian Seri I, Bangunan Pembilas *Overflow***

Pengujian Seri I dilakukan dengan membuat bangunan pembilas (*flushing*) berbentuk *in line flushing* di dalam kanal-banjir (lihat Gambar 3.6) dengan memotong sebagian bendung karet untuk dijadikan bangunan pembilas. Bangunan pembilas terletak di sisi kiri bendung karet. Posisi tersebut dipilih karena merupakan bagian sisi sungai dengan arus terkuat. Pengujian ini dilaksanakan dengan variasi 3 macam lebar model pintu pembilas yaitu 7,5 cm, 15 cm, dan 22,5 cm, serta 3 macam variasi debit air, yaitu debit air di kanal-banjir saat kondisi muka air laut pasang, kondisi muka air laut rata-rata, dan kondisi muka air laut surut. Sedimentasi yang terdapat pada prototipe dimodelkan dengan menghamparkan serbuk batu bara selebar kanal-banjir model (1,5 m), setebal 1 cm, dan sepanjang 5 m, sama seperti pada Pengujian Seri O.

Dalam pengujian ini periode pengukuran dilakukan dalam 1 jam pengaliran untuk setiap variasi debit. Untuk setiap variasi lebar pintu pembilas dan variasi kondisi muka air laut, dilakukan 5 kali percobaan. Pada setiap percobaan yang diukur adalah:

- 1) Tinggi muka air pada Sta. FW16 (H).
- 2) Kecepatan aliran pada Sta. FW16 (v).
- 3) Debit air (Q).
- 4) Berat sedimen terbilas ( $W_s$ ).

Berat sedimen terbilas ( $W_s$ ) adalah berat sedimen terbilas dalam keadaan kering, yang didapat dengan cara mengalikan berat sedimen terbilas basah dengan  $(1 - \omega)$ . Adapun  $\omega$  adalah kadar air dari berat sedimen tersebut dalam keadaan basah.



### **3.2.5 Pengujian Seri II, Bangunan Pembilas *Bypass***

Pengujian Seri II dilakukan dengan membuat bangunan pembilas (*flushing*) berbentuk *bypass* di sisi kiri bendung karet (lihat Gambar 3.7). Posisi tersebut dipilih karena merupakan bagian sisi sungai dengan arus terkuat. Pengujian ini dilaksanakan dengan variasi 3 macam lebar model pintu pembilas yaitu 7,5 cm, 15 cm, dan 22,5 cm, serta 3 macam variasi debit air, yaitu debit air di kanal-banjir saat kondisi muka air laut pasang, kondisi muka air laut rata-rata, dan kondisi muka air laut surut. Sedimentasi yang terdapat pada prototipe dimodelkan dengan menghamparkan serbuk batu bara selebar kanal-banjir model (1,5 m), setebal 1 cm, dan sepanjang 5 m, sama seperti pada Pengujian Seri O dan Seri I.

Dalam pengujian ini periode pengukuran dilakukan dalam 1 jam pengaliran untuk setiap variasi debit. Untuk setiap variasi lebar pintu pembilas dan variasi kondisi muka air laut, dilakukan 5 kali percobaan. Pada setiap percobaan yang diukur adalah:

- 1) Tinggi muka air pada Sta. FW16 (H).
- 2) Kecepatan aliran pada Sta. FW16 (v).
- 3) Debit air (Q).
- 4) Berat sedimen terbilas ( $W_s$ ).

Berat sedimen terbilas ( $W_s$ ) adalah berat sedimen terbilas dalam keadaan kering, yang didapat dengan cara mengalikan berat sedimen terbilas basah dengan  $(1 - \omega)$ . Adapun  $\omega$  adalah kadar air dari berat sedimen tersebut dalam keadaan basah.

### **3.2.6 Pengujian Seri III, Bangunan Pembilas *Under Sluice***

Pengujian Seri III dilakukan dengan membuat bangunan pembilas berbentuk *under sluice* (pintu saluran pembilas terletak di bawah bendung karet) di bagian tengah kanal-banjir (lihat Gambar 3.8). Pengujian ini dilaksanakan dengan variasi 3 macam lebar model pintu pembilas yaitu 7,5 cm, 15 cm, dan 22,5 cm, serta 3 macam variasi debit air, yaitu debit air di kanal-banjir saat kondisi muka air laut pasang, kondisi muka air laut rata-rata, dan kondisi muka air laut surut. Sedimentasi yang terdapat pada prototipe dimodelkan dengan menghamparkan serbuk batu bara selebar kanal-banjir model (1,5 m), setebal 1 cm, dan sepanjang 5 m, sama seperti pada Pengujian Seri O, Seri I, dan Seri II.

Dalam pengujian ini periode pengukuran dilakukan dalam 1 jam pengaliran untuk setiap variasi debit. Untuk setiap variasi lebar pintu pembilas dan variasi kondisi muka air laut, dilakukan 5 kali percobaan. Pada setiap percobaan yang diukur adalah:

- 1) Tinggi muka air pada Sta. FW16 (H).
- 2) Kecepatan aliran pada Sta. FW16 (v).
- 3) Debit air (Q).
- 4) Berat sedimen terbilas ( $W_s$ ).

Berat sedimen terbilas ( $W_s$ ) adalah berat sedimen terbilas dalam keadaan kering, yang didapat dengan cara mengalikan berat sedimen terbilas basah dengan  $(1 - \omega)$ . Adapun  $\omega$  adalah kadar air dari berat sedimen tersebut dalam keadaan basah.

### 3.3 Metode Analisis

Data-data eksperimen dari penelitian ini dianalisis dengan menggunakan metode Analisis Regresi Linier Berganda dengan Metode Kuadrat Terkecil (Vining and Kowalski, 1997). Pembuatan tabel dan perhitungan menggunakan alat bantu *software* Microsoft Office Excel 2007.

Untuk menghasilkan model empiris efektifitas setiap bangunan pembilas yang diuji maka data hasil setiap pengujian melalui prosedur analisis sebagai berikut:

- 1) Data hasil pengujian disusun ke dalam sebuah tabel dengan kolom yang menerangkan lebar saluran (B Sal), kondisi muka air laut, tinggi muka air pada titik FW<sub>16</sub> ( $H_{FW16}$ ), kecepatan aliran (v), debit air (Q), dan berat sedimen terbilas ( $W_s$ ).
- 2) Dengan menggunakan Persamaan 2.9,  $\frac{W_s}{H^2 \rho_s d_s} = f\left(\frac{v Q}{H^3 g}\right)$ , disusunlah sebuah tabel seperti pada No. 1 dengan menambahkan dua kolom yaitu kolom variabel non-dimensional  $\frac{v Q}{H^3 g}$  dan  $\frac{W_s}{H^2 \rho_s d_s}$ .
- 3) Data variabel non-dimensional  $\frac{v Q}{H^3 g}$  dan  $\frac{W_s}{H^2 \rho_s d_s}$  dibuat grafik dua dimensinya (grafik xy) untuk melihat perilaku atau penyebaran data. Dari grafik tersebut dapat ditentukan persamaan yang akan disusun, apakah persamaan cenderung linier ataupun non-linier.
- 4) Untuk persamaan yang cenderung non-linier, persamaan tersebut ditransformasi ke dalam bentuk persamaan linier, kemudian dilakukan analisis menggunakan pendekatan persamaan linier. Selanjutnya, hasil dari analisis tersebut ditransformasi kembali ke dalam bentuk persamaan non-liniernya.

- 5) Dengan menggunakan alat bantu perangkat lunak Microsoft Office Excel 2007 hasil persamaan seperti pada No. 4 divalidasi.

### **3.4 Tempat Penelitian**

Penelitian uji model hidraulik fisik ini dilaksanakan di Laboratorium Balai Sungai Surakarta, Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan. Sebagai studi kasus dari penelitian ini adalah Kanal-banjir Sedayu Lawas yang berlokasi di Kecamatan Babat, Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur.