

**BUILDING of PELIMPAH AS MEDIUM  
OPERATION OF FLOODS AREA TOWN of LAMONGAN  
FROM EFFECT OF DEBIT RIVER STREAM MULTIPLY KITCHEN  
AND TIMES;RILL of DEKET GOING TO TIMES;RILL of BLAWI  
Kusnan \*)**

**ABSTRACT**

Town of Lamongan located in East Java provinsi Northside which passed by many rivers for example Times;Rill Coolie, Multiply Plalangan, Times;Rill Kitchen and Times;Rill of Deket. . With condition of topography that way almost every year Town of Lamongan flood stricken. One of the cause is system of drainage outside Town of Lamongan which is indigent accomodate overflowing floods of rivers, there is two river influencing the happening of floods that is Times;Rill Kitchen and Times;Rill of Deket is River passing Town of Lamongan, if among both this river made in sudetan in the form of divisor river of the size  $B=15$  m,  $M H=2,08$ ,  $A=37,78$  M<sup>2</sup>,  $P=24,802$ M,  $R=1,6$  M,  $C=2,6$ ,  $V=1,301$  m / dt, hence excess of Debit device floods  $49,09$  m<sup>3</sup> / dt will be able to be poured into Times;Rill of Deket continue to empty into Blawi which is have estuary to River of Bengawan Solo, if/when Debit irrigate excess have been overcome, constraint there is still be other that is stream which mixed with sediment result is not fluent stream him, hence to overcome and assist the way stream needed by Building of Spillway, to be device rain debit that happened immediately quickly empty into Times;Rill of Blawi, so that charge water of is no time meluber of river and not recall Town of Lamongan. As for building of spillway result of research highly  $2,20$ m  $D=R=L=2,515$  m. To overcome the mentioned also needed work of regular of is problem of dredging of sedimentation.

**Keyword** : Building of spillway assist operation of floods.

**BANGUNAN PELIMPAH SEBAGAI SARANA  
PENGENDALIAN BANJIR DAERAH KOTA LAMONGAN  
DARI AKIBAT DEBIT ALIRAN SUNGAI KALI DAPUR  
DAN KALI DEKET YANG MENUJU KALI BLAWI  
Kusnan \*)**

**ABSTRAK**

Kota Lamongan terletak di provinsi Jawa Timur Sebelah Utara yang banyak dilalui sungai-sungai antara lain Kali Mengkuli, Kali Plalangan, Kali Dapur dan Kali Deket. .Dengan kondisi topografi demikian hampir setiap tahun Kota Lamongan dilanda banjir. Salah satu sebab adalah sistem drainasi di luar Kota Lamongan yang kurang mampu menampung banjir luapan dari sungai-sungai, ada dua sungai yang mempengaruhi terjadinya banjir yaitu Kali Dapur dan Kali Deket adalah Sungai yang melewati Kota Lamongan, jika diantara kedua sungai ini dibuat sudetan berupa sungai pembagi dengan ukuran  $B=15$  m,  $H=2,08$  m,  $A=37,78$  m<sup>2</sup>,  $P=24,802$ m,  $R=1,6$  m,  $C=2,6$ ,  $V=1,301$  m/dt, maka kelebihan Debit banjir rancangan  $49,09$  m<sup>3</sup>/dt akan dapat dialirkan ke Kali Deket terus mengalir ke Blawi yang bermuara di Sungai Bengawan Solo, bila Debit air kelebihan sudah teratasi, masih ada kendala lain yaitu aliran yang bercampur dengan sedimen mengakibatkan tidak lancarnya aliran, maka untuk mengatasi dan membantu jalannya aliran diperlukan Bangunan Pelimpah, agar debit hujan rancangan yang

terjadi segera cepat mengalir ke Kali Blawi, sehingga debit air tidak sempat meluber dari sungai dan tidak mengenai Kota Lamongan. Adapun bangunan pelimpah hasil penelitian dengan tinggi 2,20m  $D=R=L= 2,515$  m. Untuk mengatasi hal tersebut juga diperlukan pekerjaan rutinitas masalah pengerukan sedimentasi.

**Kata Kunci :** Bangunan pelimpah membantu pengendalian banjir.

\*) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNESA

## PENDAHULUAN

Kota Lamongan terletak di provinsi Jawa Timur Sebelah Utara yang banyak dilalui sungai-sungai antara lain Kali Mengkuli, Kali Plalangan, Kali Dapur dan Kali Deket yang mengalir ke Kali Blawi bermuara di Kali Bengawan Solo. Dengan kondisi topografi demikian hampir setiap tahun Kota Lamongan dilanda banjir. Salah satu sebab adalah sistem drainasi di luar Kota Lamongan yang kurang mampu menampung banjir luapan dari sungai-sungai Dapur, dan kurangnya adanya sarana bangunan Pelimpah berakibat aliran sungai tidak segera mengalir ke Kali Blawi yang diteruskan ke Kali Bengawan Solo, sehingga terjadi genangan di daerah Kota Lamongan. Hal ini akan mengganggu roda perekonomian, terganggunya kegiatan kota serta kerugian materi yang tidak sedikit.

Untuk menanggulangi banjir genangan tersebut antara lain memperbaiki sistem drainasi, pembanunan pelimpah dan mengatur sungai-sungai yang difungsikan sebagai drainasi Kota Lamongan. Kali Dapur merupakan satu-satunya sungai yang melintasi Kota Lamongan yang bermuara di Kali Blawi dan berfungsi sebagai drainasi Kota Lamongan. Perbaikan sungai Kali Dapur tidak memungkinkan untuk menampung debit rencana yang cukup besar ( $Q_{20}$ ) sebab Kali Dapur penampang (ukuran) telah menyempit. Topografi daerah tersebut yang datar menambah besar

endapan lumpur mengalir ke sungai, menjadikan kemungkinan hambatan alirannya, yang diakibatkan sedimentasi. Saat ini kondisi Kali Dapur juga telah berubah akibat adanya pendangkalan karena sedimentasi dan salah satu sarana yang kurang, jika diamati secara cermat sepanjang Kali Dapur belum ada sarana bangunan Pelimpah.

Dengan adanya masalah di atas maka diperlukan usaha maksimal pengendalian banjir, antara lain membuat bangunan pelimpah, saluran pembagi banjir dari Kali Dapur ke Kali Deket supaya mengurangi debit yang masuk ke Kota Lamongan. Dengan adanya permasalahan di atas, maka dapat dicari penyebab utama terjadinya banjir daerah Kota Lamongan, yaitu perkembangan penggunaan tataguna alih fungsi lahan dari area sawah, lapangan menjadi kompleks perumahan, dimana pola peralihan tataguna lahan yang belum tertata secara terprogram /terpadu (Masterplan Tata Kota), akibatnya area lahan resapan air menjadikan berkurang (sempit), maka debit air hujan yang bercampur lumpur (debu-debu) yang berasal dari permukaan tanah sebagian besar masuk mengalir ke Kali Dapur, sehingga di Kali Dapur mengalami kelebihan Debit alian air dan pendangkalan sungai.

Untuk tidak memperluas masalah dilakukan perbaikan penampang Kali Dapur diusahakan mendekati propil penampang sungai yang ideal sesuai dengan keadaan topografi daerah

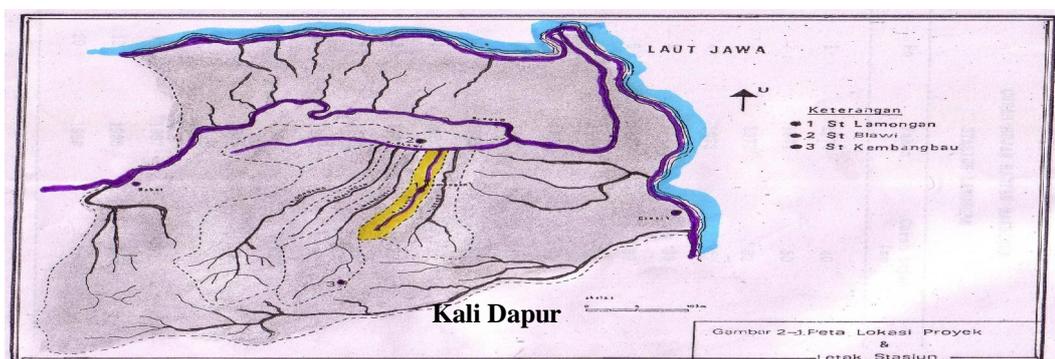
tersebut, dan dengan melengkapi pembangunan sarana prasarana bangunan pelimpah, utamanya di alur Sungai Kali Dapur.

## METODE PENELITIAN

### 1. Penentuan lokasi Penelitian

Kali Dapur adalah satu-satunya kali yang lewat Kota Lamongan, dengan luas daerah pengaliran sebesar 24,35 km<sup>2</sup> dan panjang 16,5 km yang sebagian besar merupakan daerah dataran rendah yang meliputi daerah pemukiman, sawah, tegal dan tambak. Lokasinya terletak di Lamongan dengan jarak lebih

kurang 60 km Sebelah Barat Kota Surabaya. Mempunyai penampang cukup lebar tetapi pada musim hujan tidak mampu menampung debit yang lewat dan letak Geografi Kabupaten Lamongan merupakan daerah studi ini terletak di Sebelah Barat Kota Surabaya, mempunyai luas kurang lebih 1.789 km<sup>2</sup> dari 22 kecamatan serta 475 desa, batas-batasnya adalah sebelah Utara Laut Jawa, Timur, Kabupaten Gresik, selatan Pegunungan Kendeng Tengah dan sebelah Barat: Kabupaten Bojonegoro seperti gambar Peta Lokasi



**Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian Kota Lamongan**

### 2. Data Curah Hujan

Untuk perencanaan dipakai data curah hujan dari stasiun hujan yang terletak di daerah sekitarnya. Untuk itu dipakai data yang tersedia selama 20 tahun (antara tahun 1980 sampai tahun 1999) pada stasiun Lamongan, stasiun Blawirejo dan stasiun Kembangbahu. Data dapat diambil pada pencatatan harian yang pada ke 3 (tiga) Stasiun tersebut. Dalam praktek, para teknisi yang berkepentingan dengan perencanaan dan pembangunan bangunan air tidak dapat mengabaikan hidrologi sebagai alat analisis jumlah air, perencanaan sebuah bendung irigasi, perencanaan sistem drainasi kota

atau drainasi tanah pertanian dan lapangan terbuka, maka untuk penelitian ini perlu mengetahui besarnya debit rancangan yang akan dipakai sebagai dasar perhitungan saluran dan bangunan pelengkapannya. Untuk itu diperlukan adanya analisis hidrologi.

### 3. Analisis Hidrologi

Analisis Curah Hujan Maksimum Daerah Rerata

Data curah hujan yang terjadi di tiap tempat tidaklah sama, hal ini disebabkan karena besarnya intensitas serta waktu tiba banjir yang berbeda sehingga perlu dicari hujan rerata daerah tersebut. Cara pendekatannya dengan memakai metode Thiessen dimana rumus

yang dipakai adalah (C.D. Soemarto, 1987 ; 33):

$$d = \frac{A1d1 + A2d2 + \dots + Andn}{A} \quad (.1)$$

Luas pengaruh Stasiun curah hujan Stasiun Lamongan 16,525 Km<sup>2</sup> dengan rasio 0,678, Stasiun Blawirejo 6,250 km<sup>2</sup>, rasio 0,256 dan Stasiun Kembang bahu 1,575 km<sup>2</sup>, rasio 0,66.

#### 4. Mencari Curah Hujan Rancangan

Untuk perhitungan curah hujan rancangan dapat dipakai beberapa metode antara lain: Gumbel, Log Normal, Plotting Hazen, Log Pearson III dan syarat-syarat analisis frekwensi untuk data hidrologi : seragam, bebas dan mewakili.

Pemilihan analisis frekwensi didasarkan pada nilai Cs (koefisien skewness) dan nilai Ck (koefisien kurtosis). Distribusi Gumbel dipakai jika Cs sekitar 1,14 dan nilai Ck sekitar 5,40, untuk Log Normal Cs sekitar 0 dan Ck sekitar 3,0, akan tetapi dalam penelitian dipakai rumusan Log Pearson III nilai Cs dan Ck tidak ditentukan, dan menentukan nilai Cs dan Ck dipakai rumus:

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$\text{dan } Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (.2)$$

dimana :

Cs : Koefisien skewness

Ck: Koefisien kurtosis

n : Jumlah data

Xi: Curah hujan (mm)

$\bar{X}$  : Curah hujan rerata

S : Simpangan baku

Distribusi Gumbel dapat dipakai sebagai dasar perhitungan. Namun agar

lebih aman dipakai distribusi Log Pearson III, mengingat distribusi ini

tidak terpaku pada nilai Cs dan Ck tertentu. Prosedur perhitungan yang dipakai dalam metode Log Pearson III lebih tepat untuk dipakai Adapun Langkah-langkah urutan perhitungan sebagai berikut : Data curah hujan x1, x2, x3...xn menjadi log x1.....log xn

$$\text{Rerata log } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n}$$

$$\text{Simpangan baku } S_n = \sqrt{\frac{(\log X_n - \log \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{Skewness } Cs = \frac{n (\log X_n - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) S_n^3}$$

Menghitung logaritmatik hujan dengan

kala ulang yang diinginkan

$$\log X = \log \bar{x} + K \cdot S_n \dots (3)$$

#### 5. Perencanaan Saluran Pembagi Banjir.

Secara umum dikenal tiga macam saluran dalam aliran seragam yaitu saluran peka erosi, saluran tahan erosi dan saluran berumput.

Sebagian besar saluran yang diberi lapisan dan bahannya dari rakitan pabrik yang dapat menahan erosi merupakan saluran tahan erosi. Saluran peka erosi umumnya tanpa lapisan sedang saluran berumput bila dinding saluran tersebut ditumbuhi rumput-rumputan yang dapat menyebabkan turbulensi aliran yang cukup besar.

Di dalam kajian ini digunakan metode untuk saluran peka erosi yaitu Metode Gaya Seret (Tractive Force).

#### 6. Letak Saluran Pembagi Banjir

Perencanaan saluran pembagi banjir perlu memperhatikan bentuk konstruksi pemasukannya, agar tidak menimbulkan pusaran yang besar, alirannya tetap stabil dan tidak menimbulkan aliran balik yang panjang sampai ke hulu. Sehingga letak pemasukan saluran pembagi banjir dan titik pertemuan harus tepat penempatannya.

a. Debit Rancangan dipakai dalam perencanaan saluran pembagi banjir adalah selisih debit kala ulang 20 tahun dengan debit yang lewat Kali Dapur hilir .merencanakan kemiringan dasar saluran pembagi banjir, perlu dilihat ketinggian bagian pemasukan dan ketinggian bagian pengeluaran. maka perhitungan kemiringan :

$$S = \frac{\text{elvs.hulu} - \text{elvs.hilir}}{\text{pjpg.saluran}} \dots(4)$$

### 7. Perencanaan Penampang Saluran dengan

#### Metode Gaya Seret (*Tractive Force*)

a. Metode gaya seret , bila air mengalir dalam sebuah saluran maka pada dasar saluran akan timbul suatu gaya yang bekerja searah dengan arah aliran. Gaya ini merupakan gaya seret pada penampang basah dan disebut Gaya Seret. Untuk aliran seragam gaya seret tersebut sama dengan komponen efektif dari gaya gravitasi yang bekerja pada tubuh

air, yang sejajar dengan dasar saluran dan besarnya adalah sebagai berikut (Pedoman Perencanaan Saluran Terbuka, Dept. PU, 1972 : 10)

$$T = w \cdot A \cdot L \cdot S \quad (5)$$

dimana :

T : gaya seret

w : berat satuan air

A : luas penampang basah

L : panjang bagian saluran lurus

S : kemiringan dasar saluran

Nilai rerata gaya seret per satuan luas basah disebut gaya seret satuan  $T_o$  yang besarnya adalah:

$$T_o = W.A.L.S = W.R.S \dots (6)$$

dimana :

$T_o$ : gaya seret satuan

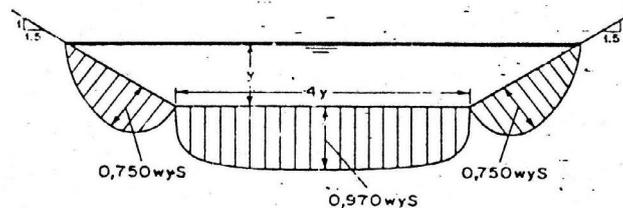
P : keliling penampang basah

R : jari-jari hidrolis

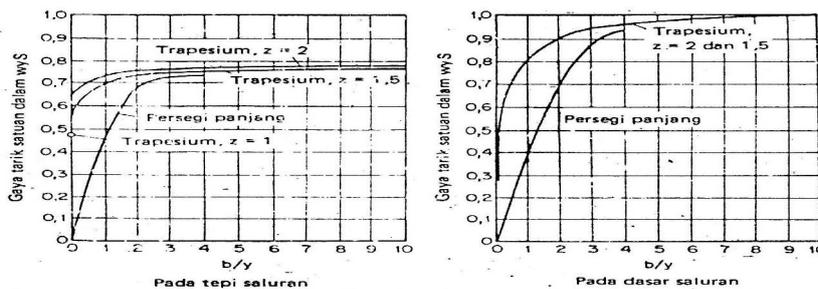
Untuk saluran yang lebar, maka:

$$T_o = W.Y.S \dots (7)$$

Besarnya gaya seret pada saluran tergantung pada bentuk penampang dan tidak berpengaruh pada ukuran penampang, lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Besarnya Gaya Seret



Gambar 2 Gaya Seret Maksimum Satuan Dalam wys

b. Perbandingan gaya seret pada butiran tanah yang terletak di

tebing penampang saluran dimana air mengalir, terdapat dua gaya,

yaitu gaya seret  $T_m$ , dan komponen gaya seret  $w_m \sin \theta$ , yang menyebabkan butiran tanah itu menggelinding dari tebing saluran. Besaran  $a$  adalah luas efektif butir,  $T_m$ , adalah gaya seret satuan pada tebing saluran,  $w_s$  adalah berat butir terendam dan  $\theta$  adalah sudut kemiringan pada tebing saluran. Dengan demikian, didapat rumus sebagai berikut:

$$R = w_s^2 \sin^2 \theta + a^2 \cdot T_m^2 \dots (8)$$

Bila gaya resultan di atas besarnya sama dengan gaya yang menahannya maka dikatakan butir tanah tepat akan bergerak. Gaya tahan sama dengan  $w_s \cos \theta$  dikali dengan koefisien yang besarnya sama dengan  $\tan \theta$ , dengan  $\theta$  adalah sudut kemiringan alam sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$w_s \cos \theta \tan \theta = w_s^2 \sin^2 \theta + a^2 \cdot T_m^2 \dots (9)$$

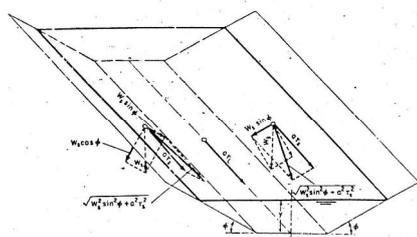
Untuk gaya seret satuan  $T_m$  yang mengakibatkan bahaya gesekan pada bidang miring dirumuskan sebagai berikut:

$$T_M = \frac{w_s}{a} \cos \theta \tan \theta \left( 1 - \frac{\tan^2 \phi}{\tan^2 \theta} \right) \dots (10)$$

Dari persamaan di atas diperoleh gaya seret satuan  $T_i$  untuk butir tanah yang terletak di dasar saluran dengan  $\theta = 0$  adalah sebagai berikut:

### 8. Perhitungan penampang

Tahap perencanaan saluran dengan memakai gaya seret adalah sebagai berikut:



Gambar 3 Gaya seret yang terjadi dinding Saluran

$$w_s \tan \theta = a \cdot T_L \quad \text{dan} \quad T_L = \frac{w_s}{a} \tan \theta$$

(11)

Perbandingan antara  $T_m$  dan  $T_L$  disebut kadar gaya seret ( $K$ ).  $K$  ini diperlukan dalam perencanaan saluran dan besarnya adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{T_m}{T_L} = \cos \theta \left( 1 - \frac{\tan^2 \phi}{\tan^2 \theta} \right) \text{ atau}$$

$$K = 1 - \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \theta} \dots (12)$$

Dari rumus di atas dapat disimpulkan bahwa kadar gaya seret tergantung dari sudut kemiringan tebing saluran  $\theta$  dan sudut kemiringan alam  $\phi$ .

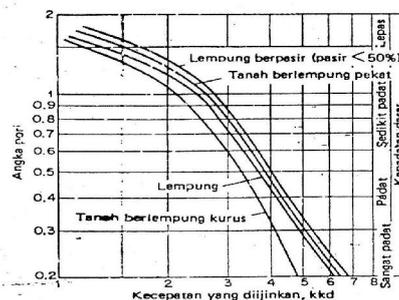
c. Gaya seret yang diijinkan adalah gaya seret yang diijinkan adalah gaya seret terbesar yang tidak menimbulkan erosi pada bahan pembentuk dasar saluran.

Untuk bahan tidak kohesif yang kasar nilai gaya seret yang diijinkan dalam pon/kaki<sup>2</sup> = 0,4 kali diameter butir yang 25% dari materialnya mempunyai diameter yang lebih besar dari diameter tanah tersebut (inci).

Gaya seret yang diijinkan di atas berlaku untuk saluran yang lurus sedangkan untuk saluran yang berbelok harga tersebut harus dikalikan untuk mengurangi erosi.

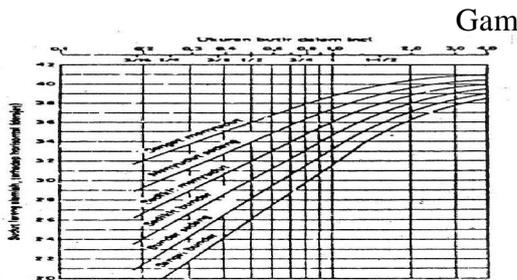
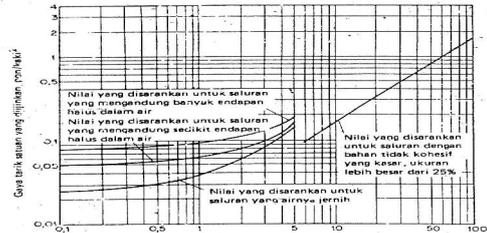
### Distribusi Gaya yang Bekerja Pada Butiran Tanah yang Terletak di Dinding Saluran

#### Sudut Lereng Alam untuk Bahan Tidak Kohesif



Gambar 5 Grafik sudut Aliran air Saluran dengan Kohesif yang diizinkan pada Saluran Gaya Seret yang Diiijinkan Untuk Saluran

Memperhitungkan pengaruh menggelindingnya tanah untuk bahan non kohesif, sebaliknya pada tanah kohesif tidak diperhitungkan



$$H_2 = Y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf + h_e \dots \dots \dots (15)$$

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{R^4 / 3} \dots \dots \dots (16)$$

dimana :

$S_0$  : kemiringan dasar saluran

$Y$  : tinggi muka air (m)

$V$  : kecepatan air (m/dt)

$S_f$  : kemiringan geser

$G$  : gravitasi (9,8 m/dt<sup>3</sup>)

$R$  : jari-jari hidrolis (m)

$N$  : koefisien kekasaran

$H_f$ : kehilangan energi akibat gesekan dan  $S_f \cdot x$

Tinggi kecepatan dan tekanan total dihitung untuk masing-masing penampang dimana untuk Kali Deket hilir dengan jumlah debitnya. Kali Deket dan Saluran Pembagi Banjir. Begitu juga dengan kemiringan geser pada masing-masing saluran, kemiringan geser merata dan kehilangan tinggi tekan. Kehilangan energi akibat pusaran diperkirakan sebesar 10% dari penambahan tinggi kecepatan penampang Kali Deket hilir dan Saluran Pembagi banjir sebesar, sehingga tinggi energi di penampang Saluran Pembagi banjir sebesar:

$H_1 = H_2 + hf + h_e$ . Nilai  $Y$  coba-coba dianggap benar apabila harga tinggi tekannya sama dengan harga  $H_1$ . Untuk perhitungan ini dapat dicoba-coba dengan  $Y$  yang didapat, dihitung aliran balik di Saluran Pembagi Banjir ke hulu dengan tahapan langsung. Hasil perhitungan dapat juga dipakai untuk melihat pertemuan sungai di Kali Dapur dengan Kali Blawi dan di Kali Deket dengan Kali Blawi.

## 10. Perencanaan Pelimpah

Pelimpah yang direncanakan terletak melintang saluran pembagi banjir dan ditempatkan pada bagian tanah yang cukup baik agar tetap stabil perletakkannya.

a. Tinggi pelimpah : Penentuan tinggi didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

Pelimpah yang direncanakan hanya melimpahkan air pada saat debit lebih besar dari  $Q_{10hit}$  saja sedang pada keadaan normal tetap lewat Kali Dapur.

Jenis aliran yang terjadi di atas pelimpah diusahakan aliran sempurna.

Perencanaan pelimpah ini tidak menyebabkan aliran balik yang sampai ke hulu. dengan pertimbangan di atas, diambil tinggi pelimpah setinggi 2,2 m.

b. Lebar pelimpah

Pada saat air mengalir di atas pelimpah, akan melewati hambatan dinding samping maupun pilar, karena tidak seluruh tubuh pelimpah berfungsi untuk mengalirkan air. Lebar pelimpah yang mengalirkan air disebut lebar efektif pelimpah. Persamaan yang dipakai untuk menentukan lebar efektif pelimpah adalah sebagai berikut (Suyono, Bendung Type Urugan, 1977 ; 183) :

$$L = L' - 2(N \cdot K_p + K_a) H_d \dots (17)$$

dimana :

$L$  : lebar efektif pelimpah (m)

$L'$ : lebar pelimpah sesungguhnya (m)

$N$  : jumlah pilar

$K_p$  : koefisien kontraksi pilar

$K_a$  : koefisien kontraksi dinding samping

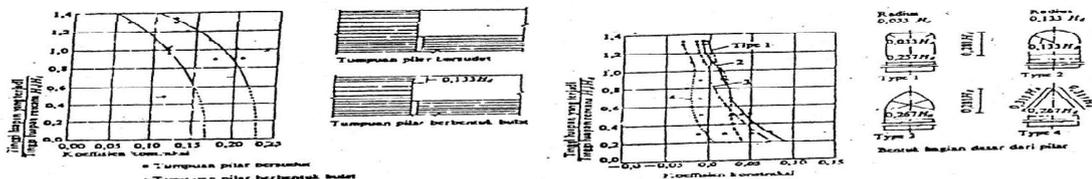
$H_d$  : tinggi tekanan total di atas pelimpah (m)

Untuk kajian ini direncanakan:

Lebar pelimpah = 15 m, Jumlah

pilar (N)= 1 buah dan Tebal pilar = 1 m, Penentuan harga Kp dan Ka dipengaruhi oleh bentuk pilar yang akan dipakai. Anggapan yang dipakai di sini adalah tinggi luapan yang terjadi di atas pelimpah sama dengan luapan

yang direncanakan. Tipe pilar direncanakan type III sehingga dari gambar 4 – 8 didapat harga Kp = 0 dan harga Ka = 0,1. Dengan demikian lebar efektif adalah: L= 14 – 2(1.0 + 0,2) Hd= 14 – 0,2 Hd



Gambar 8 Koefisien Kontraksi Dinding Samping dan Pilar

c. Analisis aliran di atas pelimpah

Aliran di atas pelimpah disebut sempurna apabila debit pengalirannya tidak dipengaruhi oleh tinggi air di belakang pelimpah. Pengaliran sempurna terjadi bila aliran debit tidak dipengaruhi oleh tinggi muka air di belakang pelimpah (Soenarno, Bendung Tetap, 1972 ; 26). Persamaan pengaliran di atas pelimpah memakai rumus dari Bundshu sebagai berikut:

$$Q = m L d \sqrt{g d} \dots (18)$$

$$d = \frac{2}{3} H_d \dots (19)$$

$$H_d = h + k \dots (20)$$

Harga k dan m didapat dari rumus Verwoer sebagai berikut:

$$k = \frac{4}{27} m^2 h^2 \left( \frac{1}{h + P} \right)^2 \dots (21)$$

$$m = 1,49 - 0,018 \left( 5 - \frac{h}{r} \right)^2 \dots (22)$$

dimana :

Q : debit di atas pelimpah (m<sup>3</sup>/dt)

L : lebar efektif bendung (m)

k : tinggi kecepatan energi (m)

g : percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

m : koefisien pengaliran

P : tinggi bendung (m)

D : kedalaman kritis di atas pelimpah (m)

h : tinggi muka air di atas pelimpah (m)

r : jari-jari pembulatan puncak pelimpah (m)

Hd : tinggi tekanan total di atas pelimpah (m)

Penentuan harga r dengan memakai pendekatan Krigten yaitu dengan mengambil nilai m = 1,34, dan nilai r yang baik jika Hd/r = 3,8.

Dengan memasukkan harga m = 1,34 pada persamaan 4.10, maka didapat:

Q = m L d √ g d dengan coba-coba didapat Hd maka:

$$\frac{H_d}{r}$$

Dengan harga r yang telah ditetapkan, akan didapat hubungan h dan harga Q. Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat digambarkan kurva hubungan tinggi air dan debit.

d. Ukuran porfil pelimpah

Tipe pelimpah yang dipakai adalah tipe mercu bulat dimana perhitungan dimensinya sebagai berikut:

$$H_d = h + k$$

$$Z_0 = H_d - \left( h_1 + \frac{V^2}{2g} \right)$$

$$\text{Untuk } 1/3 < \frac{Z_0}{Hd} < 4/3$$

$$1/3 < 0,91 < 4/3$$

$$\text{Maka } D = L = R = 0,6 Hd \\ +1,4 Z_0 \quad a = 0,2 Hd \quad Hd/Z_0$$

#### e. Analisis air balik

Adanya pelimpah mengakibatkan air balik di bagian hulu Kali Dapur. Dengan mengetahui adanya air balik maka dapat direncanakan tanggul (bendung pelimpah) di sungai. Perhitungan air balik memakai metode tahapan standar seperti pada persamaan (9), (10) (11) dan (12).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Curah Hujan

#### Rancangan

Hujan rancangan adalah hujan maksimum yang diperkirakan akan terjadi dalam periode waktu tertentu dan menimbulkan banjir. Debit banjir yang terjadi akibat limpasan hujan rancangan disebut banjir rancangan. Mengingat banjir yang sering terjadi di Lamongan adalah banjir tahunan, maka perencanaan saluran pembagi banjir menggunakan hujan rancangan dengan periode ulang 5 tahunan, 10 tahunan dan 20 tahunan. Dari hasil perhitungan curah hujan maksimum rerata ke 3 (tiga) Stasiun yaitu St. Lamongan sebesar 101,02 m<sup>3</sup>/dt, St. Blawirejo sebesar 101,02 m<sup>3</sup>/dt dan St. Kembangbau sebesar 12,08 m<sup>3</sup>/dt.

### 2. Perhitungan Curah Hujan

Perhitungan curah hujan rancangan dapat dipakai kala ulang 5<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup> dan 20<sup>th</sup> Log Pearson III dengan perhitungan harga-harga didapat:

Hasil perhitungan debit banjir rancangan adalah:

- Q<sub>5th</sub> = 40,7502 m<sup>3</sup>/dt
- Q<sub>10th</sub> = 74,5134 m<sup>3</sup>/dt
- Q<sub>20th</sub> = 116,013 m<sup>3</sup>/dt

### 3. Perencanaan Saluran dan letak Saluran Pembagi Banjir.

Secara umum dikenal tiga macam saluran dalam aliran seragam yaitu saluran peka erosi, saluran tahan erosi dan saluran berumput.

Sebagian besar saluran yang diberi lapisan dan bahannya dari rakitan pabrik yang dapat menahan erosi merupakan saluran tahan erosi. Saluran peka erosi umumnya tanpa lapisan sedang saluran berumput bila dinding saluran tersebut ditumbuhi rumput-rumputan yang dapat menyebabkan turbulensi aliran yang cukup besar.

Untuk saluran pembagi direncanakan sesuai data dilapangan bahwa Kali Dapur hulu dipakai Q<sub>20 th</sub> (DAS bagian hulu) dengan kemiringan dasar 0,001 sepanjang 6,65 km, sedangkan untuk Kali Dapur hilir kapasitas debit salurannya adalah 66,923 m<sup>3</sup>/dt dengan kemiringan dasar 0,0008 sepanjang 9,85 km. Kelebihan debit dialirkan lewat saluran (sungai sudetan) pembagi banjir sebesar 116,0131-66,923 = 49,09 m<sup>3</sup>/dt, dengan dimensi : dibuatkan sungai sudetan dengan ukuran B=15 m, H=2,08 m, A=37,78 m<sup>2</sup>, P=24,802m, R=1,6 m, C=2,6, V=1,301 m/dt. ditetapkan diantara Kali Dapur-Kali Blawi.

Di dalam kajian ini digunakan metode untuk saluran peka erosi yaitu Metode Gaya Seret (Tractive Force).

Perencanaan saluran pembagi (sungai sudetan) banjir perlu memperhatikan bentuk konstruksi dari pemasukannya debit kala ulang 20 tahun, agar tidak menimbulkan pusaran yang besar, alirannya tetap stabil dan tidak

menimbulkan aliran balik yang panjang sampai ke hulu. Sehingga letak pemasukan saluran pembagi banjir ditempatkan 0,75 km di sebelah hulu Kota Lamongan. Sedang titik pertemuan dengan Kali Deket pada 700 m di sebelah hilir Kota Deket.

a. Debit Rancangan Debit rancangan yang dipakai dalam perencanaan saluran pembagi banjir adalah selisih antara debit kala ulang 20 tahun dengan debit yang dilewatkan Kali Dapur hilir .

b. Kemiringan Dasar Saluran Untuk merencanakan kemiringan dasar saluran pembagi banjir, perlu dilihat ketinggian bagian pemasukan debit banjir rancangan dan ketinggian bagian pengeluaran. Pada bagian pemasukan elevansinya adalah +2.05 bagian hilir adalah +0,25. Saluran pembagi banjir direncanakan sepanjang 3,15 km. Dengan demikian kemiringan saluran adalah:

$$S = \frac{\text{elvs.hulu} - \text{elvs.hilir}}{\text{pjpg.saluran}}$$

$$= \frac{2,05 - 0,25}{3150} = 0,0006$$

**4. Perencanaan Penampang Saluran dengan Metode Gaya Seret (*Tractive Force*) Perbandingan gaya seret pada butiran tanah**

Di daerah yang akan direncanakan terdiri dari tanah lempung berpasir. Keadaan strukturnya cukup baik dengan tingkat permeabilitas yang sedang. Perencanaan dimensi penampang dimulai dengan memasukkan harga dengan coba-coba seperti di bawah ini:

B=15 m; Y=2,08m (6,82 ft); So=0,006; Q=49,09 m<sup>3</sup>/dt; e= 0,25; dan n=2

Dari gambar 4.1 tentang gaya seret satuan maksimum pada tebing yaitu:

$$= 0,765 w Y S = 0,765 \cdot 62,4 \cdot 6,82 \cdot 0,0006 = 0,195 \text{ lb/ft}^2 = 0,943 \text{ kg/m}^2$$

Untuk tanah kohesif maka sudut kemiringan alam tidak diperhitungkan, karena pengaruh gaya gravitasi kecil sehingga perbandingan gaya seret adalah:

$$K = 1 - \text{Sin}^2 26,5^0 = 0,895$$

Untuk gaya seret satuan yang diijinkan pada dasar saluran adalah:

$$T_L = 0,50 \text{ lb/ft}^2 = 2,4144 \text{ kg/m}^2$$

Sedangkan gaya seret satuan yang diijinkan pada tebing adalah sebesar:

$$K T_L = 0,895 \cdot 2,4144 = 2,1606 > 0,943 \text{ kg/m}^2$$

Gaya seret maksimum pada dasar saluran adalah sebagai berikut:

$$= 0,96 w Y S = 0,96 \cdot 62,4 \cdot 6,82 \cdot 0,0006 = 0,245 \text{ lb/ft}^2 = 1,184 \text{ kg/m}^2 < 2,4144 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan kapasitas penampang sebagai berikut:

$Q_{\text{opb}} = 49,09 \text{ m}^3/\text{dt}; = 0,0008; B = 15\text{m}; H = 2,08 \text{ m}$  (direncanakan)

$$A = B H + n H^2 = 15 \cdot 2,08 + 2 \cdot 2,08^2 = 37,7728 \text{ m}^2$$

$$P = B + (2 \cdot H \cdot 1 + n^2) = 15 + (2 \cdot 2,08 \cdot 1 + 2^2) = 24,302 \text{ m}$$

$$R = A / P = \frac{37,7728}{24,302} =$$

1,5543 m

$$C = \frac{87}{1 + \frac{1,30}{\sqrt{1,5543}}} = \frac{87}{1 + 1,30/\sqrt{1,5543}} = \frac{87}{42,5899}$$

$$V = C \cdot R \cdot I = 42,5899 \cdot 1,5543 \cdot 0,0006 = 1,3006 \text{ m/dt}$$

$$Q = V \cdot A = 1,3006 \cdot 37,7728 = 49,128 \text{ m}^3/\text{dt} \approx 49,09 \text{ m}^3/\text{dt}$$

### 5. Analisis Air Balik Pada Pertemuan Sungai

Analisis air balik yang terjadi pada pertemuan sungai dimaksudkan untuk mengetahui kenaikan permukaan air sampai ke hulu. Untuk itu harus dibuat perencanaan tanggul sepanjang aliran sungai agar air tersebut tidak meluap.

Arus aliran air balik diperhitungkan pada saat terjadi banjir di Kali Deket dengan  $Q_{20 \text{ th}} = 192,862 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Penyelesaian ini dilakukan dengan memakai metode tahapan standar, Untuk debit yang diperhitungkan untuk analisis adalah  $192,862 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

### 6. Perencanaan Pelimpah

Pelimpah yang direncanakan terletak melintang saluran pembagi banjir dan ditempatkan pada bagian tanah yang cukup baik agar tetap stabil perletakkannya.

#### a. Tinggi pelimpah

Penentuan tinggi pelimpah didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

■ Pelimpah yang direncanakan hanya melimpahkan air pada saat debit lebih besar dari  $Q_{10 \text{ hit}}$  saja sedang pada keadaan normal tetap lewat Kali Dapur.

■ Jenis aliran yang terjadi di atas pelimpah diusahakan aliran sempurna.

■ Perencanaan pelimpah ini tidak menyebabkan aliran balik yang panjang sampai ke hulu.

Dengan pertimbangan di atas maka diambil tinggi pelimpah setinggi 2,2 m.

#### b. Lebar pelimpah

Pada saat air mengalir di atas pelimpah, akan melewati hambatan dinding samping maupun pilar, karena tidak seluruh tubuh pelimpah berfungsi untuk mengalirkan air. Lebar pelimpah yang mengalirkan air disebut lebar efektif pelimpah.

Persamaan yang dipakai untuk menentukan lebar efektif pelimpah adalah sebagai berikut (Suyono, Bendung Type Urugan, 1977 ; 183) :

$$L = L' - 2 ( N \cdot K_p + K_a ) H_d$$

Untuk kajian ini direncanakan:

Lebar pelimpah = 15 m

Jumlah pilar (N) = 1 buah

Tebal pilar = 1 m

Penentuan harga  $K_p$  dan  $K_a$  dipengaruhi oleh bentuk pilar yang akan dipakai. Anggapan yang dipakai di sini adalah tinggi luapan yang terjadi di atas pelimpah sama dengan luapan yang direncanakan. Tipe pilar direncanakan tipe III sehingga dari gambar 4.8 didapat harga  $K_p = 0$  dan harga  $K_a = 0,1$ .

Dengan demikian lebar efektif adalah:

$$L = 14 - 2 ( 1 \cdot 0 + 0,2 ) H_d = 14 - 0,2 H_d$$

#### c. Analisis aliran di atas pelimpah

Aliran di atas pelimpah disebut sempurna apabila debit pengalirannya tidak dipengaruhi oleh tinggi air di belakang pelimpah. Pengaliran sempurna terjadi bila aliran debit tidak dipengaruhi oleh tinggi muka air di belakang pelimpah (Soenarno,

Bendung Tetap, 1972 ; 26).  
 Persamaan pengaliran di atas pelimpah memakai rumus dari Bundshu sebagai berikut:

$$Q = m L d \sqrt{g d}$$

$$d = \frac{2}{3} H_d \text{ dan } H_d = h + k$$

Harga k dan m didapat dari rumus Verwoer sebagai berikut:

$$k = \frac{4}{27} m^2 h^2 \left( \frac{1}{h+P} \right)^2$$

$$m = 1,49 - 0,018 \left( 5 - \frac{h}{r} \right)^2$$

Penentuan harga r dengan memakai pendekatan Krigten yaitu dengan mengambil nilai  $m = 1,34$ , dan nilai r yang baik jika  $H_d/r = 3,8$ .

Dengan memasukkan harga  $m = 1,34$  pada persamaan 4.10, maka didapat:

$$Q = m L d \sqrt{g d}$$

$$49,09 = 1,34 \left( 14 - 0,2 H_d \right) \sqrt{\frac{2}{3} H_d} \sqrt{9,81 \frac{2}{3} H_d}$$

$$49,08 = ( 12,506 H_d - 0,133 H_d^2 ) \sqrt{6,54 H_d}$$

dengan coba-coba didapat  $H_d = 1,345$  m, maka:

$$\frac{H_d}{r} = 3,8 \text{ dan harga}$$

$$r = \frac{1,345}{3,8} = 0,354 \approx 0,35$$

m

Dengan harga r yang telah ditetapkan, akan didapat hubungan h dan harga Q. Hasilnya dilihat pada tabel 1. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.1 maka dapat digambarkan suatu kurva hubungan tinggi air dan debit.

**Tabel 1. Perhitungan Kapasitas Pelimpah**

$$r = 0.35 \text{ m}$$

$$P = 2.2 \text{ m}$$

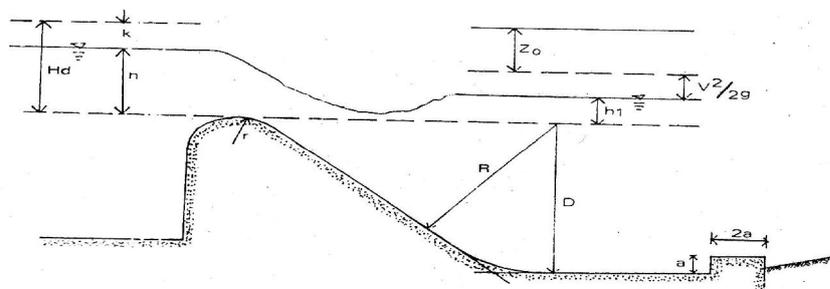
| h<br>(m) | m     | k     | H <sub>d</sub><br>(m) | d<br>(m) | L<br>(m) | Q<br>(m <sup>3</sup> /dt) |
|----------|-------|-------|-----------------------|----------|----------|---------------------------|
| 0.000    | 1.040 | 0.000 | 0.000                 | 0.000    | 0.000    | 0.000                     |
| 0.200    | 1.137 | 0.001 | 0.201                 | 0.134    | 12.959   | 2.268                     |
| 0.400    | 1.222 | 0.005 | 0.405                 | 0.270    | 12.919   | 6.940                     |
| 0.600    | 1.295 | 0.011 | 0.611                 | 0.407    | 12.877   | 13.593                    |
| 0.800    | 1.357 | 0.019 | 0.819                 | 0.546    | 12.836   | 22.022                    |
| 1.000    | 1.407 | 0.028 | 1.028                 | 0.685    | 12.794   | 32.010                    |
| 1.200    | 1.445 | 0.038 | 1.238                 | 0.825    | 12.752   | 43.298                    |
| 1.220    | 1.448 | 0.039 | 1.259                 | 0.839    | 12.748   | 44.486                    |
| 1.297    | 1.459 | 0.043 | 1.340                 | 0.893    | 12.731   | 49.151                    |

Sumber : hasil perhitungan

**d. Ukuran porfil pelimpah**

Tipe pelimpah yang dipakai adalah tipe mercu bulat

dimana perhitungan dimensinya sebagai berikut:





Gambar 9 Profil (bentuk) Bangunan Pelimbah

$$H_d = h + k = 1,297 + 0,043 = 1,34 \text{ m}$$

$$Z_0 = H_d - \left( h_1 + \frac{V^2}{2g} \right) = 1,340 - \left( 2,08 - \right.$$

$$\left. 2,2 \right) + \frac{2,178^2}{19,6} = 1,22 \text{ m}$$

$$\text{Untuk } \frac{1}{3} < \frac{Z_0}{H_d} < \frac{4}{3}$$

$$\frac{1}{3} < 0,91 < \frac{4}{3}$$

$$\text{Maka } D = L = R = 0,6 H_d + 1,4$$

$$Z_0 = 0,6 \cdot 1,34 + 1,4 = 2,512$$

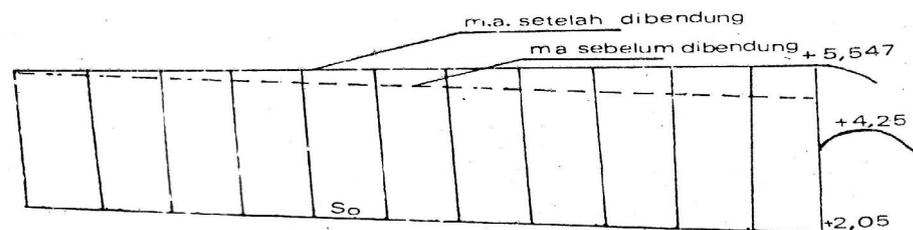
$$a = 0,2 H_d \quad H_d / Z_0 = 0,2 \cdot$$

$$1,34 \cdot (0,91) = 0,192$$

#### e. Analisis air balik

Adanya pelimpah mengakibatkan air balik di bagian hulu Kali Dapur. Dengan mengetahui adanya air balik maka dapat direncanakan tanggul di sungai.

Perhitungan air balik memakai metode tahapan standar seperti pada persamaan (9), (10) (11) dan (12).



Gambar10 Grafik analisis aliran air balik

Tinggi kecepatan dan tekanan total dihitung untuk masing-masing penampang dimana untuk Kali Deket hilir dengan debit  $192,862 \text{ m}^3/\text{dt}$  (jumlah debit Kali Deket dan debit Saluran Pembagi Banjir) dan Saluran Pembagi Banjir sebesar  $49,09 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Begitu juga dengan kemiringan geser pada masing-masing

saluran, kemiringan geser merata dan kehilangan tinggi tekan. Kehilangan energi akibat pusaran diperkirakan sebesar 10% dari penambahan tinggi kecepatan penampang Kali Deket hilir dan Saluran Pembagi banjir sebesar:

$$h_e = 0,1 \cdot (0,140554 - 0,027537) = 0,011301. \text{ Sehingga}$$

tinggi energi di penampang Saluran Pembagi banjir sebesar:  
 $H_1 = H_2 + hf + h_e = 3,4000 + 0,005348 + 0,011301 = 3,4167$

Nilai Y coba-coba dianggap benar apabila harga tinggi tekannya sama dengan harga  $H_1$ . Untuk perhitungan ini dengan Y coba-coba yang didapat, dihitung aliran balik di Saluran Pembagi Banjir ke hulu dengan tahapan langsung, hasil uji coba-coba menghasilkan dan menunjukkan tekanan sama atau mendekati tekanan atau tinggi kecepatan yaitu sekitar  $H = 3,4$

Perhitungan ini juga dipakai untuk melihat pertemuan sungai di Kali Dapur dengan Kali Blawi dan di Kali Deket dengan Kali Blawi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Sebelum merencanakan saluran pembagi banjir perlu dilakukan perencanaan perbaikan sungai Kali Dapur, yang bertujuan menambah kapasitas sungai agar dapat mengalirkan debit banjir rancangan, serta untuk mengurangi laju sedimentasi bersamaan mengalirnya Debit banjir perlu dibuatkan Sungai penyalur (sudetan) untuk mengalirkan kelebihan debit rancangan banjir sebesar  $49,09 \text{ m}^3/\text{dt}$  terletak diantara Kali Dapur dan Kali Deket, dengan ukuran  $B = 15 \text{ m}$ ,  $H = 2,08 \text{ m}$ ,  $A = 37,78 \text{ m}^2$ ,  $P = 24,802 \text{ m}$ ,  $R = 1,6 \text{ m}$ ,  $C = 2,6$ ,  $V = 1,301 \text{ m}/\text{dt}$  dan sedangkan untuk menahan lajunya sedimen Kali Dapur di daerah hilir (Bagian pertemuan sungai pembagi) dibuatkan bendung atau bangunan pelimpah dengan ukuran tinggi  $2,20 \text{ m}$   $D = R = L = 2,515 \text{ m}$  sehingga untuk pengaturan aliran air ke Kali

Deket dan Kali Blawi, dapat memudahkan aliran dapat menuju muara di Sungai Bengawan Solo. Selain itu juga perencanaan tersebut berfungsi untuk mengalihkan debit banjir ke saluran pembagi (sudetan).

Pekerjaan perbaikan sungai meliputi pekerjaan pengerukan, pembuatan tanggul, perencanaan penampang serta pekerjaan lainnya yaitu perkuatan tebing, krib, ambang dan bangunan peimpah.

### 2. Saran

Agar tidak terjadi penghambatan aliran air debit, perlu secara rutinitas pengurusan atau pengerukan sedimentasi yang berada di sekitar bangunan pelimpah dan untuk mempercepat aliran dapat dibuatkan pembuangan air ke Sungai pembagi dengan sistem rumah pompanisasi yang berkapasitas lebih tinggi dari debit kelebihan yaitu  $100 \text{ m}^3/\text{dt} > 49,09 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous a, 1979, *Rencana Perbaikan dan Normalisasi Kali Mengkuli dan Kali Dapur*, Surabaya.
- Anonymous b, 1987, *Pedoman Perencanaan Saluran Terbuka*, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Usaha Nasional, Surabaya.

Anonymous c, 1989, *Pengukuran Muara Kali Blawi, Kali Dinoyo dan Kali-Kali Lain di Jawa Timur*, Departemen Pekerjaan Umum Propinsi Jawa Timur, Surabaya.

Soemarto, CD, 1987, *Hidrologi Teknik, Usaha Nasional*, Surabaya.

Soenarno, 1972, *Bendung Tetap*, Badan Penerbit dan Pekerjaan Umum P.U.

Hartro.S, 1983, *Hidrologi Terapan*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Jokja, 1983.

Sosrodarsono.S, dan Tominaga.M, 1984 *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*, Pradnya Paramita, Jakarta.

Ven Te Chow, 1985. (Suyatman dkk) editor, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.