

# ANALISIS KAPASITAS TAMPUNGAN BANJIR KOLAM LUMPUR SIDOARJO

Samuel J. Sutanto<sup>1)</sup>, F. Mulyantari<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Peneliti, Puslitbang Sumber Daya Air  
Jl. Ir. H. Juanda No. 193, Bandung  
E-mail : [congexs@yahoo.com](mailto:congexs@yahoo.com)

<sup>2)</sup>Peneliti, Puslitbang Sumber Daya Air  
Jl. Ir.H. Juanda No. 193, Bandung  
E-mail : [frantari@yahoo.com](mailto:frantari@yahoo.com)

Diterima : 23 Januari 2008; Disetujui : 5 Juli 2009

## Abstract

*A simulation using the HEC-HMS model has been carried out to discover height of flood level in main pond. The result shows that existing condition of the pond is not sufficient for controlling flood although the pond had been dredged. Flood will overflow about 0.57-0.69m above the dyke in existing condition, and about 0.062-0.12m in dredged condition. Suggestions for prevention action are adding the amount of intake pipes, increasing dyke elevation and extending the dredging area. Flood will also occur in pond 5 particularly for the return period of 10 years if BPLS does not take serious action of prevention such as dredging and increasing dyke elevation.*

**Keywords:** Flood, Existing and Planning condition, the result of simulation, suggestion.

## PENDAHULUAN

### 1 Latar Belakang

Semburan lumpur panas yang terjadi di Sidoarjo pada tanggal 29 Mei 2006 menyebabkan banyak permasalahan dan kerugian. Permasalahan yang paling serius adalah banyak penduduk yang kehilangan rumah tinggal dan menganggur karena pabrik-pabrik tempat mereka bekerja tenggelam oleh lumpur panas. Dampak tidak langsung yang dirasakan adalah terganggunya perekonomian Jawa Timur akibat lumpur panas tersebut. Terganggunya perekonomian Jawa Timur disebabkan karena hilangnya pendapatan daerah dari sektor pajak, perdagangan termasuk ekspor dari pabrik-pabrik di sekitar Sidoarjo dan dari sektor pariwisata.

Untuk mengatasi aliran lumpur panas tersebut, Tim Nasional Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (TIMNAS) telah membuat kolam-kolam untuk menampung dan mengalirkan lumpur ke Kali Porong (TIMNAS PSL, 2007). Namun pada saat ini, kolam lumpur untuk menampung dan

mengalirkan lumpur dari pusat semburan telah mengalami banyak perubahan sejak pertama kali di desain oleh TIMNAS. Hal ini disebabkan dengan adanya kejadian penurunan muka tanah yang diantisipasi dengan penambahan tinggi tanggul penahan lumpur dan perubahan desain yang dilakukan oleh BPLS (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo). Perubahan-perubahan yang terjadi adalah pembuatan tanggul cincin dari pusat semburan menuju ke *inlet spillway* yang telah selesai, sehingga membagi Kolam utama menjadi dua bagian yaitu Kolam utama dan Kolam 5. Penurunan tanah dan penambahan tinggi tanggul telah merubah elevasi daripada pipa-pipa *inlet spillway* sehingga menyebabkan pipa-pipa *inlet* tersebut sudah tidak berfungsi untuk mengalirkan air hujan pada saat banjir. Pengendapan lumpur pada Kolam juga mengakibatkan daya tampung Kolam lumpur tersebut menjadi berkurang.

Dengan adanya perubahan tersebut, maka untuk mengatasi banjir yang terjadi pada saat musim hujan 2007 perlu dilakukan perubahan desain yang telah dibuat oleh TIMNAS. BPLS

sendiri telah membuat skenario penanganan endapan lumpur di kolam utama yaitu rencana pengerukan kolam pada area sekitar tanggul *spillway*. Dalam studi ini dilakukan *review* desain analisis banjir pada Kolam utama dengan kondisi September 2007 dan rencana pengerukan Kolam.

## 2 Tujuan dan Sasaran

Tujuan studi yang dilakukan adalah untuk mendapatkan desain banjir pada Kolam utama *Spillway* dengan kondisi *existing* September 2007 dalam menghadapi musim hujan 2007. Sasaran dari studi yang dilakukan ini adalah untuk memberikan masukan kepada BPLS dalam mendesain kolam *intake Spillway*.

## 3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam studi ini mencakup analisis banjir di kolam intake dengan periode ulang 5 dan 10 tahunan menggunakan model pendekatan hubungan hujan-limpasan dengan bantuan paket program HEC-HMS 3.0.1. Curah hujan yang digunakan berdasarkan stasiun hujan di sekitar lokasi menggunakan data hujan harian maksimum tahunan dengan panjang data 28-86 tahun. Untuk distribusi hujan digunakan data hujan durasi pendek dari stasiun Wonokromo.

Daerah tangkapan adalah kolam *intake* dengan media permukaannya berupa lumpur dengan hambatan berupa perumahan yang sudah terendam lumpur. Dalam estimasi banjir rencana ini dipertimbangkan kemampuan kolam sebagai tampungan, sehingga tidak terjadi limpasan lewat tanggul dan kemampuan *intake* menuju saluran *spillway*. Parameter-parameter yang digunakan adalah parameter yang telah dilakukan kalibrasi pada studi sebelumnya terhadap hujan yang terjadi (Mulyantari, Samuel, 2007). Simulasi dilakukan terhadap kondisi *existing* September 2007 dan rencana pengerukan Kolam oleh BPLS.

## DASAR TEORI

Unit hidrograf ini menentukan parameter waktu puncak, debit puncak, lebar dari bentuk unit hidrograf 50% dan 75 % dari debit puncak. Parameter awalnya adalah  $T_p$  yang tergantung dari besarnya waktu konsentrasinya dan  $C_p$  berkisar antara 0,4 sampai dengan 0,8 dengan persamaan :

$$C_p = Q_{MAX} * \frac{T_{peak} - 0,5 * \Delta t}{C * A} \dots\dots\dots(1)$$

$$T_{LAG} = 1,048 * (T_{Peak} - 0,75 * \Delta t) \dots\dots(2)$$

dengan

- $C_p$  : koefisien debit puncak
- $Q_{MAX}$  : ordinat maksimum dari unit hidrograf
- $T_{peak}$  : waktu pada saat  $Q_{MAX}$  terjadi (jam)
- $\Delta t$  : durasi dari hujan lebih
- $A$  : luas DAS ( $km^2$ )
- $C$  : faktor konversi
- $T_{LAG}$  : waktu tenggang =  $T_{peak} / 5,5$  untuk unit hidrograf standar.

Metode ini mempunyai parameter TLAG yaitu waktu tenggang yang diukur dari pusat hitograf hujan efektif sampai puncak hidrograf. Besarnya TLAG ini dapat diperkirakan dari waktu konsentrasi ( $T_c$ ) yaitu  $TLAG = 0,6 T_c$  (US Army Corps of Engineers, 2005). Dalam beberapa studi sebelumnya waktu puncak atau  $T_{peak}$  merupakan fungsi dari waktu konsentrasinya ( $T_c$ ) dan diestimasikan 50% - 75 %  $T_c$ . Waktu konsentrasi ini diestimasikan dengan pendekatan dari rumus Kirpich dan Giandoti kemudian diratakan seperti berikut (Mulyantari, 2007) :

Kirpich :

$$T_c = 0,945 \frac{L^{1,156}}{D^{0,385}} \text{ jam} \dots\dots(3)$$

Giandoti:

$$T_c = \frac{(4A^{0,5} + 1,5)}{0,8h^{0,5}} \text{ jam} \dots\dots(4)$$

dengan :

- $T_c$  : waktu konsentrasi (jam)
- $L$  : panjang sungai (km)
- $D$  : beda tinggi antara titik tertinggi dan outlet (m)
- $A$  : luas daerah tangkapan ( $km^2$ )
- $h$  : beda tinggi rata-rata antara daerah tadah hujan dan outlet (m).

Untuk perhitungan infiltrasi digunakan metode SCS (*Soil Conservation Service*) yang merupakan fungsi dari akumulasi hujan, penutup lahan dan kelembaban tanah. Infiltrasi di ungkapkan dalam perumusan seperti berikut:

$$I_a = 0,2 * S \dots\dots\dots (5)$$

$$P_e = \frac{(P - 0,2)^2}{(P + 0,8 * S)} \dots\dots\dots (6)$$

$$S = \frac{25400 - 254 * CN}{CN} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :

- $I_a$  : infiltrasi awal
- S : retensi potensial maksimum
- P : akumulasi hujan
- $P_e$  : hujan lebih
- CN : Curve number.

### METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah model hubungan hujan-limpasan dengan bantuan paket program HEC-HMS

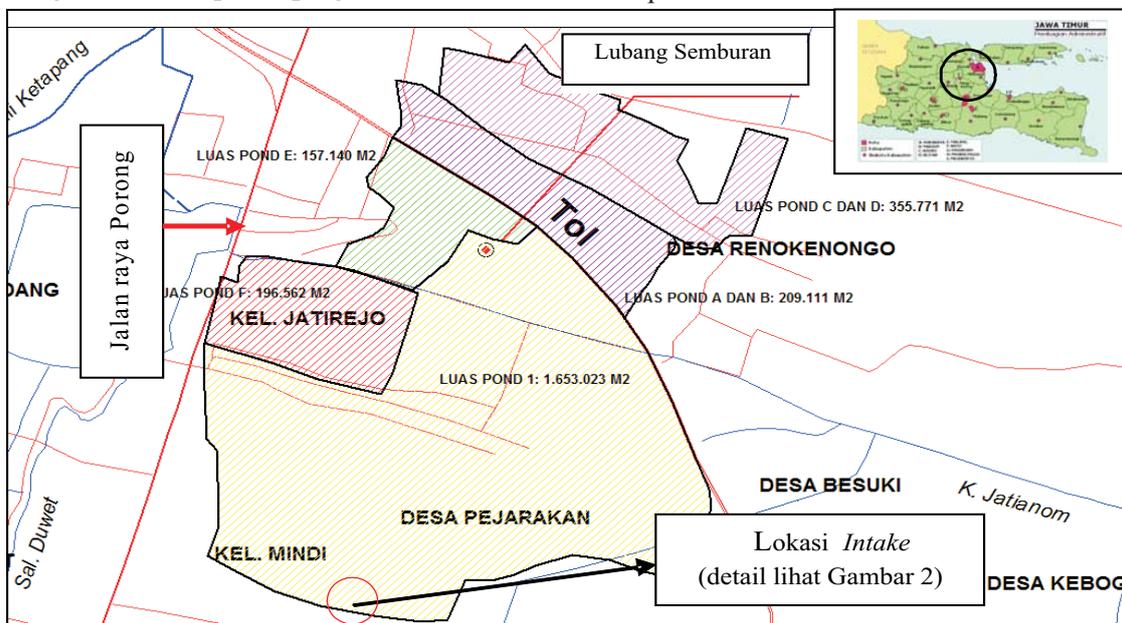
3.0.1 berdasarkan pada metode unit hidrograf Snyder dan infiltrasinya menggunakan metode SCS. Metode ini dipe-ngaruhi oleh karakteristik limpasan, yaitu jenis tanah, kemiringan lereng, tataguna lahan, dan kondisi lainnya (Donald dkk, 2006). Pada studi ini didapat, luas area kolam *intake* 1,12 km<sup>2</sup>, panjang aliran 1500 m dan kemiringan rata-rata 0,0066 m/m , Curve number 45, tp = 1,1 jam, Cp = 0,4, sementara jenis tanah dan penutup lahan berupa lumpur.

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

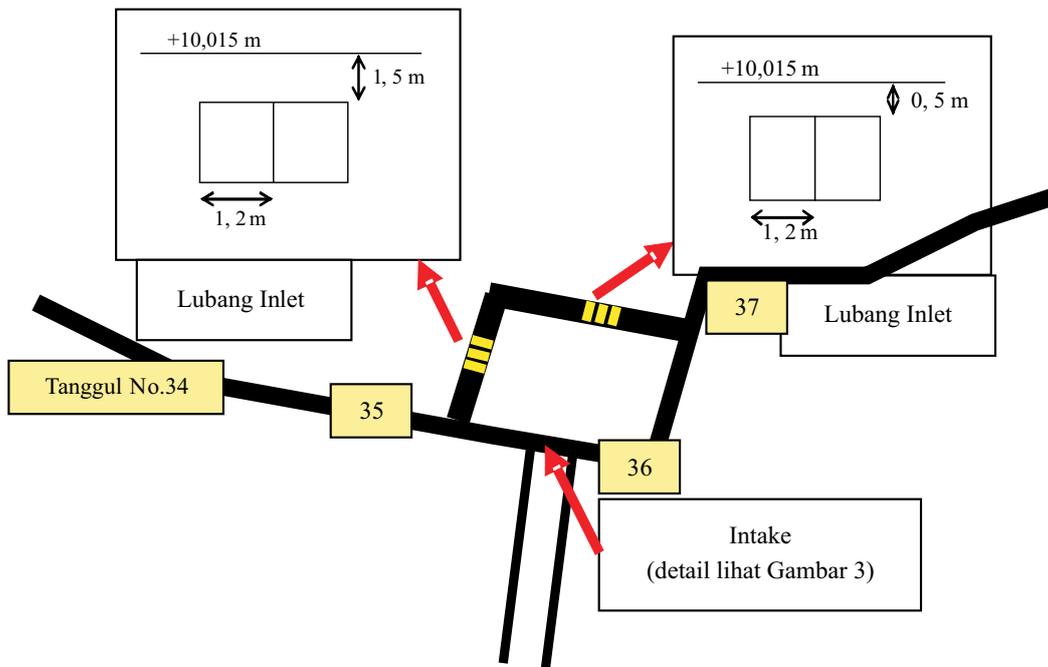
#### 1 Kondisi awal TIMNAS dan kondisi September 2007

##### a) Kondisi awal TIMNAS

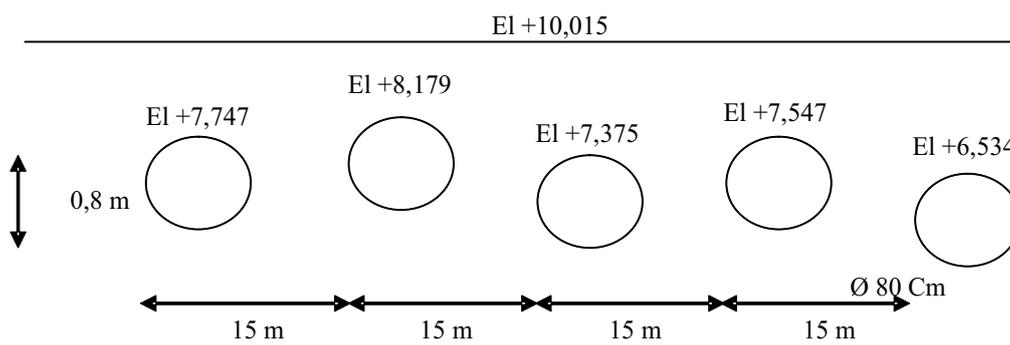
Desain *intake spillway* telah di desain oleh TIMNAS sejak akhir tahun 2006 dengan kondisi sebelum terjadi perubahan pada bulan September 2007. Kondisi awal adalah berupa kolam utama seluas 1,6 juta km<sup>2</sup> dengan *inlet Spillway* berupa 5 buah pipa dengan diameter 80 cm yang dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 3.



Gambar 1 Kondisi kolam awal



Gambar 2 Kondisi tanggul intake awal



Gambar 3 Pipa intake awal

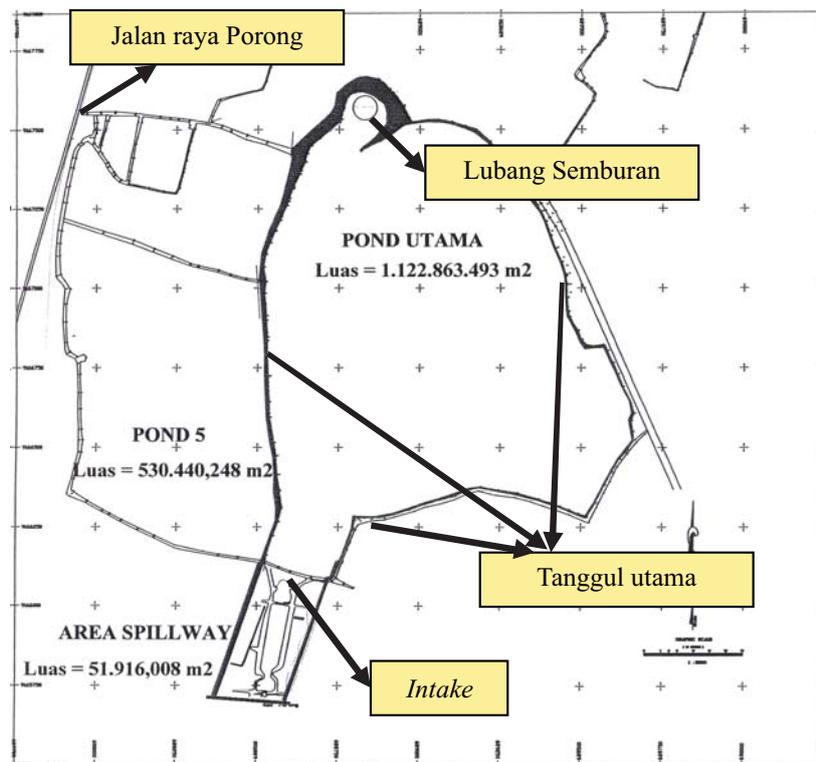
### b) Kondisi September 2007

Kondisi kolam utama saat ini (Gambar 4) telah terbagi menjadi dua dengan adanya tanggul cincin yaitu kolam utama seluas 1,122 juta m<sup>2</sup> dan kolam 5 seluas 530,44 ribu m<sup>2</sup>. Perubahan kondisi ini menyebabkan analisis kebutuhan pipa *spillway* harus dilakukan kembali. Tanggul peredam air dengan *box culvert* yang didesain dan dibangun dahulu oleh TIMNAS sudah tidak terlihat. Hal ini disebabkan tanggul tersebut sudah terkubur oleh lumpur. 5 buah pipa *intake Spillway* (Gambar 3) sudah tidak terlihat karena terkubur oleh lumpur dan sebagai gantinya BPLS memasang 3 buah pipa di atas pipa lama dengan diameter yang lebih kecil yaitu 50 cm. Kemiringan dasar Kolam telah mengalami perubahan dari asumsi awal oleh TIMNAS sebesar 0,001 menjadi 0,0066 (lihat Gambar 5). Kondisi kolam 5 saat ini berupa lumpur yang sudah mengering dan pada kolam utama lumpur cukup kental.

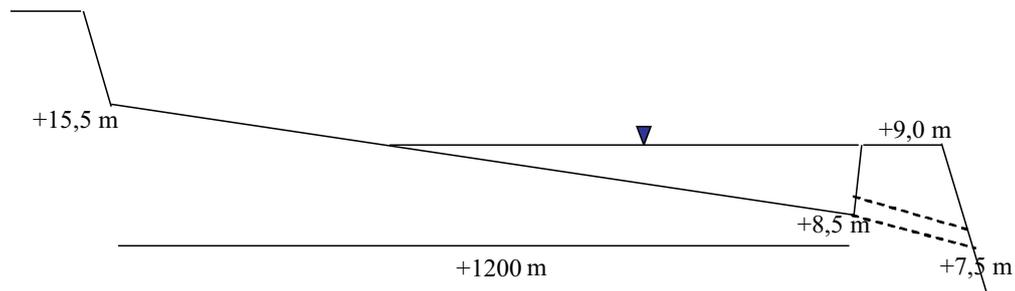
### c) Perbandingan kondisi awal dan September 2007

Dari hasil perbandingan kondisi awal dan September 2007 dapat diambil kesimpulan utama sebagai berikut:

- 1) Pada kondisi awal sejak masa tugas TIMNAS berakhir (April 2007), kolam lumpur utama masih mempunyai luas seluas 1,6 juta km<sup>2</sup>, sementara pada bulan September 2007, kolam lumpur utama terbagi dua menjadi kolam 5 dan kolam utama itu sendiri.
- 2) Selain kondisi kolam utama yang berubah, lubang pipa *intake spillway* juga mengalami perubahan. Awal mula pipa *intake spillway* berjumlah 5 buah, sekarang menjadi 3 buah.
- 3) Perubahan lain yang terjadi adalah perubahan kemiringan dasar kolam yang semakin curam sebagai akibat menumpuknya lumpur di daerah sekitar lubang semburan.



Gambar 4 Kondisi *existing* September 2007



Gambar 5 Kemiringan kolam utama dan elevasi *intake*  
(Sumber: Konsep pembuangan lumpur ke kali Porong BPLS)

## 2 Analisis kondisi *existing* dan rencana

Perhitungan kapasitas tampung dari masing-masing kolam dilakukan dengan cara pengurangan volume tampungan dengan volume hujan yang jatuh pada kolam. Jika volume tampungan lebih kecil dari volume hujan, maka air dari dalam kolam akan meluap, sementara jika volume tampungan lebih besar dari volume kolam, maka air hujan dapat tertampung di kolam tanpa meluap.

Dari hasil analisis tersebut didapat, bahwa untuk menghadapi musim hujan yang akan datang kondisi kolam lumpur utama dilihat dari sisi volume tampungan tanpa memperhitungkan kecepatan aliran masih mampu menampung hujan sebesar 145,6 mm/hari (10 tahunan) dengan tinggi tanggul tersisa 1 m dan hujan sebesar 127,50 mm/hari (5 tahunan) dengan tinggi tanggul tersisa

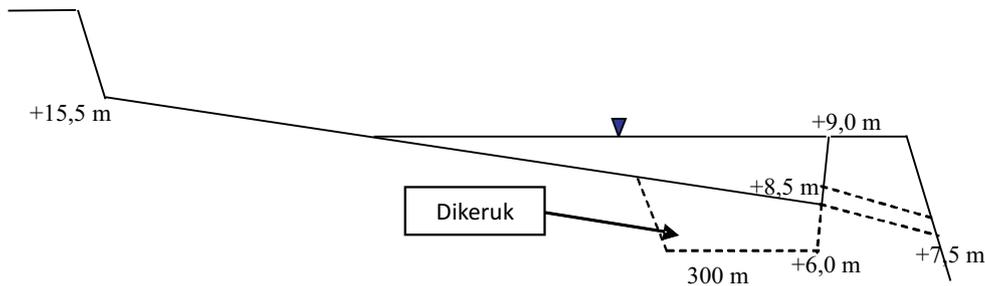
1,5 meter. Sementara itu kolam 5 tidak mampu menampung air hujan 10 tahunan walau tinggi tanggul tersisa 1,5 m dan masih mampu menampung hujan 5 tahunan dengan tinggi tanggul tersisa 1m. Permasalahan yang terjadi adalah kolam utama dan kolam 5 pada saat ini diperkirakan mempunyai kemiringan yang curam ( $\pm 0,0066$  m/m), diperhitungkan dari pusat semburan sampai tanggul *intake*, sehingga mengurangi kemampuan kolam untuk menampung air hujan dan mengakibatkan air hujan dengan cepat mengalir ke tanggul *intake*. Hasil analisis kemampuan kolam utama untuk menampung air hujan yang jatuh dapat dilihat pada Tabel 1 dan hasil analisis kolam 5 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Kapasitas tampung kolam utama dengan hujan periode ulang 5 dan 10 tahunan

No	Hujan PU 5 Th mm	Luas Pond Utama m <sup>2</sup>	Tinggi Sisa m	Volume Pond Utama m <sup>3</sup>	Vol Hujan di Pond Utama m <sup>3</sup>	Vol Sisa Pond Utm m <sup>3</sup>
1	127,5	1.122.863,5	0,5	93.750,0	143.165,1	-49.415,1
			1,0	150.000,0		6.834,9
			1,5	168.750,0		25.584,9
No	Hujan PU 10 Th mm	Luas Pond Utama m <sup>2</sup>	Tinggi Sisa m	Volume Pond Utama m <sup>3</sup>	Vol Hujan di Pond Utama m <sup>3</sup>	Vol Sisa Pond Utm m <sup>3</sup>
2	145,6	1.122.863,5	0,5	93.750,0	163.488,9	-69.738,9
			1,0	150.000,0		-13.488,9
			1,5	168.750,0		5.261,07

Tabel 2 Kapasitas tampung kolam 5 dengan hujan periode ulang 5 dan 10 tahunan

No	Hujan PU 5 Th mm	Luas Pond 5 m <sup>2</sup>	Tinggi Sisa m	Volume Pond 5 m <sup>3</sup>	Vol Hujan di Pond 5 m <sup>3</sup>	Vol Sisa Pond 5 m <sup>3</sup>
1	127,5	530.440,25	0,5	42.613,6	67.631,13	-25.017,5
			1,0	68.181,8		550,7
			1,5	76.704,5		9.073,4
No	Hujan PU 10 Th mm	Luas Pond 5 m <sup>2</sup>	Tinggi Sisa m	Volume Pond 5 m <sup>3</sup>	Vol Hujan di Pond 5 m <sup>3</sup>	Vol Sisa Pond 5 m <sup>3</sup>
2	145,6	530.440,25	0,5	42.613,6	77.232,1	-34.618,5
			1,0	68.181,8		-9.050,3
			1,5	76.704,5		-527,5



Gambar 6 Rencana pengerukan di kolam utama  
(Sumber: Konsep pembuangan lumpur ke Kali Porong BPLS)

Dengan mempertimbangkan intensitas hujan yang terjadi di area tanggul dengan durasi 3 jam, maka disimulasikan tanggul kolam utama menerima hujan 5 dan 10 tahunan dengan pipa *intake* berjumlah tiga buah dengan diameter 50 cm. Analisis debit banjir yang terjadi pada kolam utama dan tinggi banjir limpas tanggul (tinggi tanggul +9 m sumber BPLS) dihitung dengan menggunakan parameter-parameter hasil kalibrasi dengan banjir yang terjadi pada tanggal 18 Januari 2007. Parameter yang berubah dari hasil kalibrasi sebelumnya hanya kemiringan dasar saluran. Parameter hasil kalibrasi yang digunakan dalam pemodelan adalah CN berkisar antara 77 sampai dengan 88 untuk periode ulang 5 sampai 10

tahunan,  $T_p = 0,5$  jam dan  $C_p = 0,38$  dengan kemiringan rata-rata 0.0066.

Dalam upaya menghadapi musim hujan, BPLS berencana melakukan pengerukan di kolam *intake* pada titik 36. Pengerukan direncanakan seluas radius 300 meter dari tanggul titik 36 dan selanjutnya menjadi kolam. Diharapkan air hujan saat banjir akan ditampung di kolam ini untuk selanjutnya dibuang ke Sungai Porong melalui *spillway*. Lumpur diharapkan dapat dibuang melalui pemompaan dengan pompa lumpur yang ada di titik 35. Gambar rencana pengerukan dapat dilihat pada Gambar 6 dan hasil analisis banjir jika kolam dikeruk dapat dilihat pada Tabel 3.

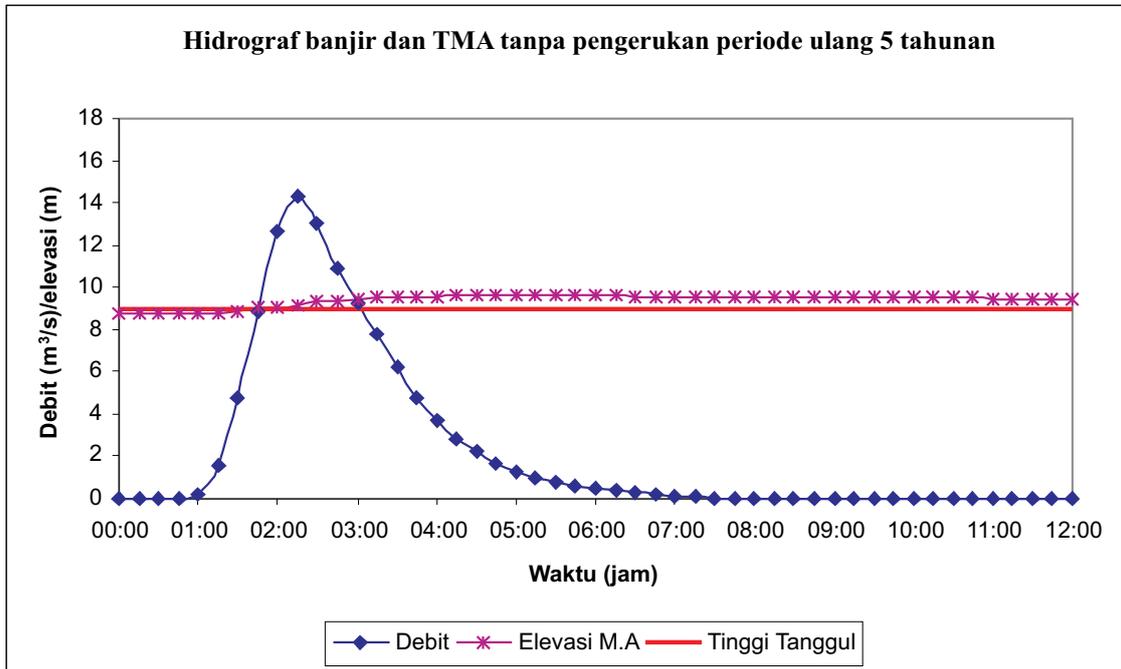
Tabel 3 Debit banjir dan tinggi muka air

Kondisi Kolam	Periode Ulang (tahun)	Hujan (mm)	Debit ( m <sup>3</sup> /s)	T.M.A (m)	Limpas Tanggul (m)
Tanpa pengerukan	5	145,60	14,338	9,567	0,567
	10	127,50	17,009	9,687	0,687
Dengan pengerukan	5	145,60	14,338	9,062	0,062
	10	127,50	17,009	9,117	0,117

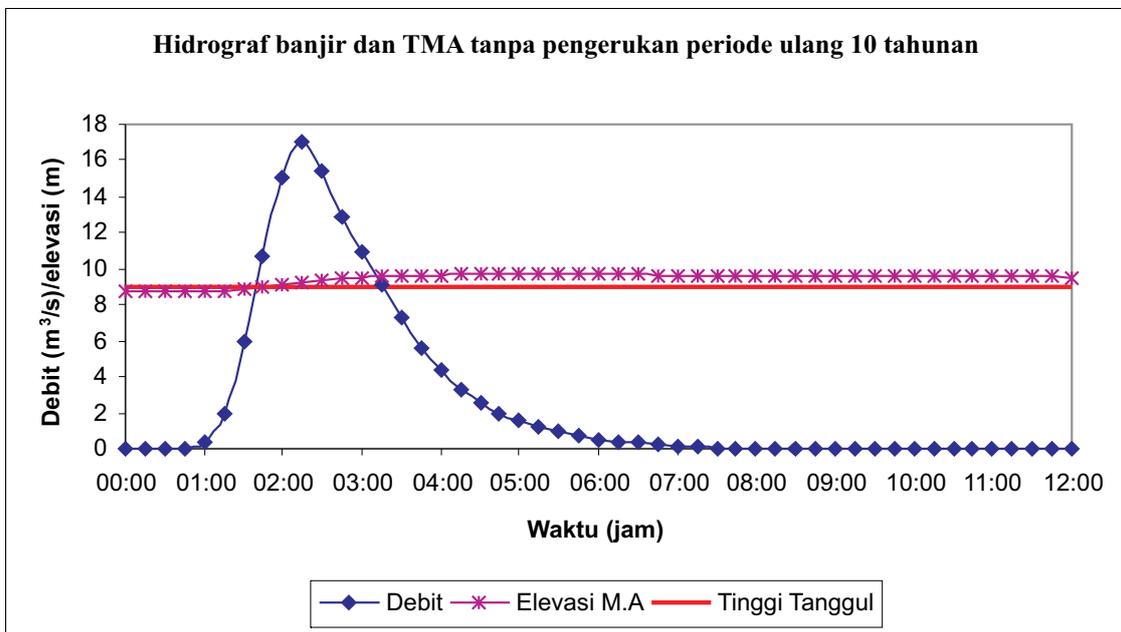
Keterangan : Tinggi tanggul kondisi saat ini elevasi + 9m

Dari Tabel 3 terlihat debit banjir yang terjadi dengan hujan 10 tahunan adalah sebesar 17,009 m<sup>3</sup>/s dan 5 tahunan sebesar 14,338 m<sup>3</sup>/s, dengan tiga pipa *intake* kondisi dibuka semua, akan terjadi limpasan baik untuk kondisi tanpa pengerukan maupun dengan pengerukan. Air limpas tanggul setinggi 0,567 m dengan hujan periode ulang 5 tahun dan 0,687 dengan hujan periode ulang 10 tahun tanpa pengerukan. Jika dilakukan pengerukan, air masih melimpas tanggul setinggi

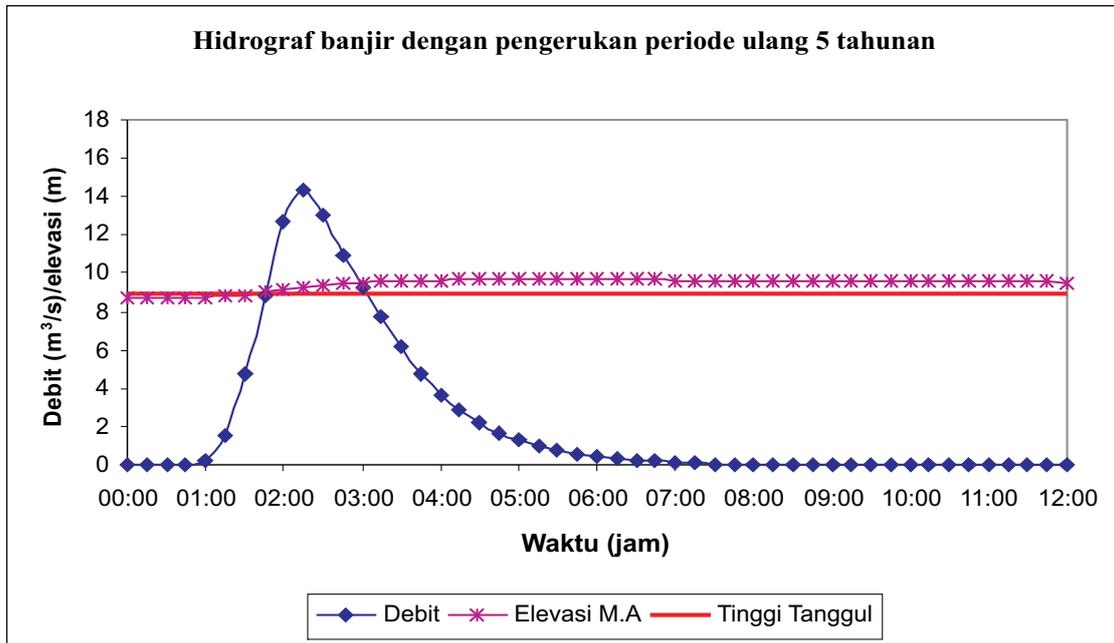
0,062 m dengan hujan periode ulang 5 tahun dan 0,117 m dengan hujan periode ulang 10 tahun. Untuk mencegah terjadinya air melimpas melalui tanggul, maka perlu dilakukan upaya penambahan kapasitas tampung kolam dan atau menambah pipa *intake* sesuai dengan kapasitas tampung saluran *spillway* dan pompa. Hidrograf banjir 5 dan 10 tahunan dengan kondisi kolam tanpa dan dengan pengerukan dapat dilihat pada Gambar 7-10.



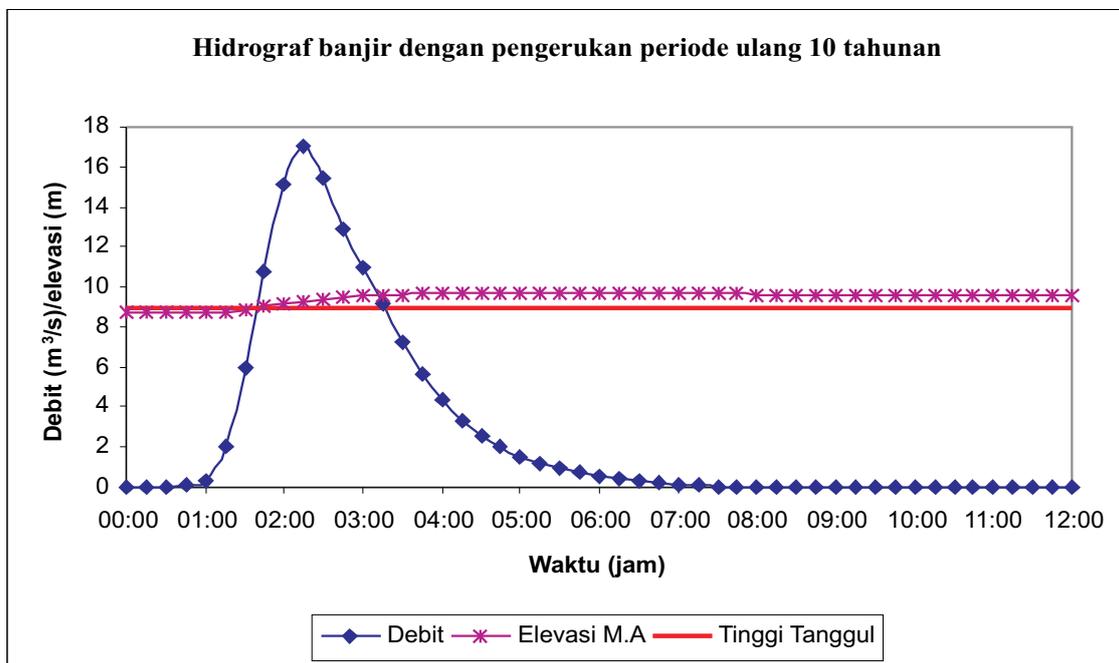
Gambar 7 Hidrograf banjir dan elevasi banjir di kolam utama tanpa pengerukan periode ulang 5 Tahunan



Gambar 8 Hidrograf banjir dan elevasi banjir di kolam utama tanpa pengerukan periode ulang 10 tahunan



Gambar 9 Hidrograf banjir dan elevasi banjir di kolam utama dengan pengerukan periode ulang 5 tahunan



Gambar 10 Hidrograf banjir dan elevasi banjir di kolam utama dengan pengerukan periode ulang 10 tahunan

Dari Gambar 7-10 terlihat air melimpas melewati tanggul (garis horizontal tebal elevasi 9 m adalah tinggi tanggul *existing*). Tinggi limpasan di atas tanggul adalah setinggi 0,57 m untuk periode ulang 5 tahunan, 0,69 m untuk periode ulang 10 tahunan tanpa pengerukan. Jika dilakukan upaya pengerukan, air banjir masih tetap melimpas di atas tanggul, namun ketinggian air limpas tanggul berkurang menjadi 0,06 m untuk periode ulang 5 tahunan, 0,12 m untuk periode ulang 10 tahunan. Puncak banjir yang terjadi dengan periode ulang 5 tahun sebesar  $14,338 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $17,009 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan periode ulang 10 tahun. Efek penurunan tinggi air limpas tanggul dengan cara pengerukan adalah sebesar  $\pm 0,5 \text{ m}$ .

## KESIMPULAN

Kondisi kolam 5 saat ini (September 2007) tidak dapat menampung air hujan yang terjadi dengan periode ulang 10 tahunan. Bahkan kolam juga tidak dapat menampung hujan yang terjadi dengan periode ulang 5 tahunan jika tinggi tanggul yang tersisa kurang dari 1 m. Sedangkan kondisi kolam utama tidak dapat menampung hujan dengan berbagai periode ulang jika hanya digunakan 3 buah pipa. Air banjir yang melimpas di atas tanggul titik 35-37 setinggi 0,57 m untuk periode ulang 5 tahunan dan 0,69 untuk periode ulang 10 tahunan.

Kondisi kolam dengan rencana pengerukan sejauh 300 m dirasa masih belum memadai untuk menampung banjir dengan periode ulang 10 tahunan jika tidak diikuti penambahan jumlah pipa atau peninggian tanggul. Air banjir masih melimpas di atas tanggul setinggi 0,06 m untuk periode ulang 5 tahunan dan 0,12 untuk periode ulang 10 tahunan, sehingga efek penurunan muka air hanya setinggi 0,5 m dengan pengerukan.

## SARAN

Perlu dilakukan penambahan pipa *intake*, memperbesar diameter pipa *intake* yang ada,

peninggian tanggul nomor 35-37, atau penambahan kapasitas tampungan air hujan dengan memperdalam atau memperluas area pengerukan. Alternatif yang akan dipilih untuk mengatasi banjir tersebut sebaiknya juga memperhatikan faktor ekonomi dan faktor-faktor lainnya seperti penurunan muka tanah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak terutama TIMNAS PSLs, tim advis teknik Puslitbang Sumber Daya Air yang telah membantu dalam penyediaan data, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu disini.

## DAFTAR PUSTAKA

- 1 Donald L. Wolfe, dkk., 2006. *Hydrology Manual*. Los Angeles County Departement of Public Works.
- 2 F. Mulyantari., Samuel Jonson., 2007. *Analisis Banjir di Kolam Intake Spillway Pada Pengendalian Banjir Kolam Lumpur di Sidoarjo*, Prosiding PIT HATHI XXIV, Makasar.
- 3 F. Mulyantari., 2007. *Estimasi Besarnya Banjir Rencana*, Modul pelatihan Hidrologi terapan, Puslitbang Sumber Daya Air Bandung, November 2007.
- 4 MGS Engineering Consultant., 2002. *A Continuous Hydrological Simulation Model for Stormwater Facility Analysis*, Prepare for Washington State Departement of Transportation, Olympia WA.
- 5 Tim Nasional PSLs., 2007. *Laporan Akhir Penanggulangan Semburan Lumpur di Sidoarjo Volume 5*.
- 6 US Army Corps of Engineers., 2005. *Hydrologic Modeling System User's Manual*, Hydrologic Engineering Center, Davis CA.
- 7 Yen Ben Chie., 1992. *Catchment Runoff and Rational Formula*, Water Resources Publications, Colorado.