

## KAPASITAS SUNGAI KALI PORONG SETELAH PENGALIRAN LUMPUR SIDOARJO

**Minarni Nur Trilita**  
Program Studi Teknik Sipil  
UPN “Veteran” Jatim  
Email : minarnilt@yahoo.com.au

### ABSTRAK

Kali Porong merupakan sungai buatan yang berfungsi mengalirkan kelebihan aliran dari sungai Brantas. Kali Porong direncanakan dapat menampung debit banjir sebesar 1800 m<sup>3</sup>/dt. Untuk menjaga fungsi Kali porong, maka sangat diperlukan studi tentang kapasitas sungainya. Studi ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software *HEC-RAS*, yang merupakan model matematika satu dimensi yang digunakan untuk memperkirakan besarnya aliran dan perubahan dasar yang terjadi. Data yang digunakan meliputi data penampang tahun 2008-2010, debit aliran, dan data sedimen. Tujuan studi ini untuk menentukan kapasitas sungai Kali Porong apakah dapat menampung debit banjir rencana sebesar 1800 m<sup>3</sup>/dt. Manfaat studi ini adalah dengan mengetahui kapasitas sungai kondisi saat ini maka dapat menentukan tindakan-tindakan yang harus dilakukan untuk menjaga fungsi Kali Porong sebagai pengendalian banjir.

**Kata kunci:** sungai, kapasitas sungai, *hec-ras*

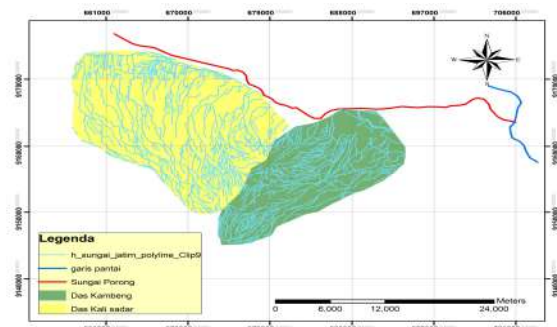
### PENDAHULUAN

Kali Porong merupakan bagian dari hilir Kali Brantas yang terletak di bagian timur laut Kabupaten Mojokerto dan bagian Selatan Kabupaten Sidoarjo. Sepanjang wilayah studi ini terdapat dua inflow yaitu anak sungai Kali Sadar dan Kali Kambing (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Kali Porong

Luas DAS Kali Sadar sebesar 406,7 km<sup>2</sup> sedangkan Kali Kambing luas DAS-nya sebesar 196,6 km<sup>2</sup> (Gambar 2).



Gambar 2 Peta Daerah Aliran Sungai (DAS)

Kali Porong mempunyai fungsi sebagai pengendalian banjir. Kali Porong direncanakan dapat menampung debit banjir sebesar 1800 m<sup>3</sup>/dt. Agar Kali Porong berfungsi secara optimal sebagai pengendali banjir, pemantauan kapasitas sangat diperlukan.

Dalam studi ini, kapasitas sungai Kali Porong dihitung dengan menggunakan bantuan *software HEC-RAS*. *Software* ini merupakan model matematika satu dimensi untuk memperkirakan tinggi aliran dan perubahan dasar sungai.

**KAJIAN PUSTAKA**

**Kapasitas Penampang Sungai**

Kapasitas penampang sungai yang dimaksud adalah kapasitas penampang sungai maksimum yang mampu menampung debit aliran, banyak dikenal dengan istilah *full bank capacity*.

Dalam studi ini evaluasi kapasitas sungai Kali Porong menggunakan bantuan *software HECRAS 4.1*. *Software* ini dapat menganalisa tinggi muka air yang terjadi pada sebuah sistem sungai. *Software* ini berisi model satu dimensi aliran baik bersifat tetap (*steady*) atau tidak tetap (*unsteady*).

**Persamaan Dasar Untuk Perhitungan Profil**

Profil permukaan air dihitung dari suatu potongan melintang saluran ke potongan selanjutnya dengan memecahkan persamaan kekekalan energi dengan prosedur interaktif yang disebut Metode Tahapan Standar (*Standard Step method*). Persamaan kekekalan energi ditulis sebagai berikut:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots(1)$$

dengan :

- $Y_1, Y_2$  = kedalaman air pada potongan melintang.
- $Z_1, Z_2$  = elevasi pada saluran utama
- $V_1, V_2$  = kecepatan rata-rata (jumlah total debit).
- $\alpha_1, \alpha_2$  = koefisien tinggi kecepatan
- $g$  = percepatan gravitasi
- $h_e$  = kehilangan energi.

Kehilangan energi antara dua potongan melintang diakibatkan oleh kehilangan energi akibat gesekan dan ekspansi maupun kontraksi. Persamaan kehilangan tinggi energi dituliskan sebagai berikut :

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left[ \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right] \dots\dots(2)$$

dengan :

- $L$  = jarak sepanjang bentang yang ditinjau.
- $\bar{S}_f$  = kemiringan gesekan (*friction slope*) antara dua potongan melintang.

$C$  = Koefisien Ekspansi atau Kontraksi.

Jarak sepanjang bentang yang ditinjau,  $L$ , dihitung dengan persamaan:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \dots\dots(3)$$

dengan :

$L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$  = jarak sepanjang potongan melintang pada aliran yang ditinjau di pinggir kiri sungai/*left overbank (lob)*, saluran utama/*main channel (ch)*, dan pinggir kanan sungai/*right overbank (rob)*.

$\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$  = jarak sepanjang potongan melintang pada aliran yang ditinjau di pinggir kiri sungai (*lob*), saluran utama (*ch*), dan pinggir kanan sungai (*rob*).

**Pembagian Potongan Melintang untuk Perhitungan Penyaluran**

Penentuan penyaluran total aliran dan koefisien kecepatan untuk potongan melintang membutuhkan pembagian aliran menjadi beberapa satuan sehingga kecepatan didistribusikan secara merata. Pendekatan yang digunakan pada *HEC-RAS* adalah membagi daerah aliran pada pinggir saluran atau sungai dengan menggunakan masukan nilai  $n$  pada potongan melintang dimana nilai  $n$  berubah sebagai dasar pembagian. Penyaluran/aliran dihitung di dalam tiap sub bagian dari bentuk persamaan Manning berikut ini:

$$Q = KS_f^{1/2} \dots\dots(4)$$

$$K = \frac{1,486}{n} AR^{2/3} \dots\dots(5)$$

dengan :

- $K$  = penyaluran untuk suatu sub bagian.
- $n$  = koefisien kekasaran Manning untuk sub bagian
- $A$  = luas daerah aliran pada sub bagian.
- $R$  = jari-jari hidraulik pada sub bagian.

Program akan menjumlahkan tambahan penyaluran pada pinggir saluran untuk mendapatkan penyaluran pada sebelah kiri dan kanan pinggir sungai. Penyaluran

saluran utama dihitung dengan cara biasa sebagai satu bagian penyaluran. Jumlah total penyaluran dapat diperoleh dengan menjumlahkan tiga sub bagian penyaluran, yaitu: sub bagian kiri pinggir sungai, saluran utama, dan sub bagian kanan pinggir sungai.

**Perhitungan Nilai Rata-rata Tinggi Energi Kinetik**

Perangkat lunak *HEC-RAS* adalah program perhitungan profil permukaan air satu dimensi, oleh karenanya hanya satu permukaan air dan satu tinggi energi rata-rata yang dihitung pada tiap potongan melintang. Jika suatu nilai permukaan air diketahui, rata-rata tinggi energi didapatkan dengan menghitung tinggi energi aliran dari tiga sub bagian pada potongan melintang (*left overbank, main channel, dan right overbank*).

Untuk menghitung rata-rata energi kinetik diperlukan perhitungan koefisien tinggi kecepatan alpa ( $\alpha$ ). Alpha dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \left( \frac{V_1^2}{2g} \right) + Q_2 \left( \frac{V_2^2}{2g} \right)}{Q_1 + Q_2} \dots\dots\dots(6)$$

$$\alpha = \frac{2g \left[ Q_1 \left( \frac{V_1^2}{2g} \right) + Q_2 \left( \frac{V_2^2}{2g} \right) \right]}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \dots\dots\dots(7)$$

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \dots\dots\dots(8)$$

Dalam bentuk umumnya :

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots\dots + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2} \dots\dots(9)$$

Koefisien kecepatan,  $\alpha$ , dihitung berdasarkan pada penyaluran di tiga bagian aliran. Persamaan tersebut dapat ditulis dalam bentuk penyaluran dan daerah luasannya seperti pada persamaan di bawah ini :

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[ \frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3} \dots\dots(10)$$

dengan :

$A_t$  = jumlah total luas daerah aliran pada potongan melintang.

$A_{lob}, A_{ch}, A_{rob}$  = luas daerah pada tiap sub bagian penampang saluran.

$K_t$  = jumlah total penyaluran pada potongan melintang

$K_{lob}, K_{ch}, K_{rob}$  = penyaluran pada sub bagian penampang saluran.

**Perhitungan Kehilangan Energi Akibat Gesekan**

Kehilangan energi akibat gesekan yang diperhitungkan pada *HEC-RAS* adalah produk dari  $S_f$  dan  $L$ . Kemiringan gesekan  $S_f$  pada tiap bagian potongan melintang dihitung dari persamaan Manning sebagai berikut:

$$S_f = \left( \frac{Q}{K} \right)^2 \dots\dots\dots(11)$$

Bentuk alternatif persamaan-persamaan kemiringan  $S_f$  pada *HEC-RAS* adalah:

Persamaan Penyaluran Rata-rata:

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \dots\dots\dots(12)$$

Persamaan Kemiringan Gesekan Rata-rata:

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \dots\dots\dots(13)$$

Persamaan Kemiringan Gesekan Rata-rata Geometri:

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \cdot S_{f2}} \dots\dots\dots(14)$$

Persamaan Kemiringan Gesekan Rata-rata Harmonik:

$$\bar{S}_f = \frac{2S_{f1} \cdot S_{f2}}{S_{f1} + S_{f2}} \dots\dots\dots(15)$$

Persamaan di atas adalah persamaan standar yang digunakan oleh program. Persamaan ini secara otomatis digunakan kecuali jika persamaan yang berbeda diinginkan. Program juga menyediakan pilihan untuk memilih persamaan secara otomatis sesuai dengan daerah aliran dan tipe profil yang ditinjau.

**Perhitungan Kehilangan Energi Akibat Kontraksi dan Ekspansi**

Kehilangan energi akibat kontraksi dan ekspansi pada *HEC-RAS* dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$h_o = C \left[ \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right] \dots\dots\dots(16)$$

dengan :

C = koefisien ekspansi atau kontraksi.

Program akan mengasumsikan kontraksi terjadi jika tinggi kecepatan di hilir lebih besar dari pada tinggi kecepatan di hulu. Sebaliknya, ekspansi terjadi jika tinggi kecepatan di hulu lebih besar dari pada tinggi kecepatan di hilir.

**Elevasi Muka Air, Kedalaman dan Kecepatan**

Perhitungan elevasi muka air, kedalaman dan kecepatan dilakukan pada beberapa penampang dengan menggunakan berbagai debit rencana ( $Q_2, Q_3, Q_5, Q_{10}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{100}$ ).

Dengan kemiringan dan kekasaran yang ada diperoleh harga faktor penampang ( $A.R^{2/3}$ ) untuk masing masing debit, dimana:

$$AR^{2/3} = \frac{Q.n}{\sqrt{So}}$$

dengan :

- A : luas penampang ( $m^2$ ).
- R : jari-jari hidraulis =  $A/P$  (m).
- P : panjang penampang basah (m).
- Q : debit.
- n : kekasaran.
- So : kemiringan dasar.

**METODE**

Adapun langkah-langkah dalam studi ini meliputi:

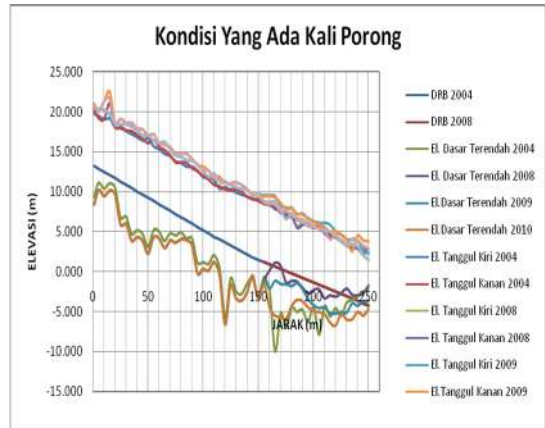
1. Pengumpulan data meliputi data penampang yaitu penampang melintang dan memanjang sungai; data sedimen; data debit aliran.  
Data penampang yang digunakan data pengukuran tahun 2008-2010. Data aliran (debit sungai) yang digunakan data pengukuran tahun 2008-2010. Data Sedimen yang digunakan dalam studi ini data pengukuran tahun 2008.

2. Skematisasi model sistem sungai.  
Studi dilakukan di sepanjang Kali Porong mulai Dam Lengkong sampai muara (KP1-KP250).
3. Pengaturan parameter model  
Pengaturan parameter model dilakukan bertujuan agar supaya hasil model sesuai dengan hasil lapangan. Parameter yang diatur adalah parameter koefisien kekasaran *Manning*.
4. Perhitungan kapasitas sungai Kali Porong.  
Setelah diperoleh parameter koefisien kekasaran Manning yang sesuai dengan kondisi lapangan, maka dilakukan perhitungan kapasitas sungai Kali Porong.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sebelum menganalisa kapasitas sungai, melakukan pengaturan parameter model. Dalam hal ini parameter model yang diatur adalah koefisien kekasaran Manning dan diperoleh koefisien kekasaran Manning sebesar 0.025.

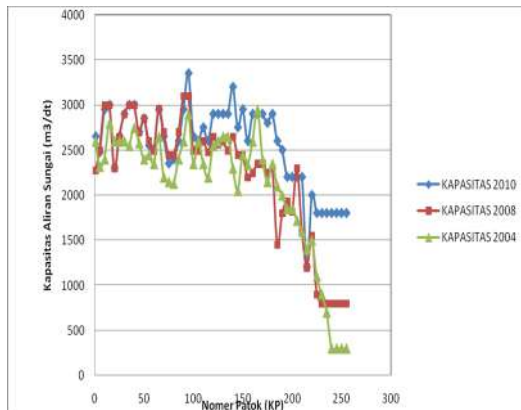
Untuk memantau kapasitas sungai, melakukan pengukuran penampang. Hasil pengukuran penampang dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 4. Kondisi Kali Porong tahun 2004-2010 Berdasarkan Hasil Pengukuran.

Studi kapasitas sungai Kali Porong dilakukan dengan asumsi batas hilir sungai yaitu ketinggian pasang sebesar +1.2 m MSL (berdasarkan hasil pengamatan Departemen Kelautan dan Perikanan Brok Bali). Hasil analisa kapasitas sungai dapat

dilihat pada Tabel 1 di bawah ini. Dari Tabel tersebut dapat diketahui pada tahun 2010 kapasitas sungai berkisar antara 1800-3350 m<sup>3</sup>/dt. Dengan kapasitas sebesar 1800-3350 m<sup>3</sup>/dt, menunjukkan bahwa Kali Porong mampu menampung debit banjir rencana sebesar 1800m<sup>3</sup>/dt Lihat Gambar 5.



Gambar 5. Kapasitas Sungai Kali Porong

### KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan diperoleh Kapasitas sungai Kali Porong berkisar antara 1800 m<sup>3</sup>/dt – 3350 m<sup>3</sup>/dt (berdasarkan penampang tahun 2010). Dengan kapasitas sungai tersebut Kali Porong mampu menampung debit banjir rencana sebesar 1800 m<sup>3</sup>/dt.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini merupakan bagian dari penelitian yang berjudul Manajemen Sungai Kali Porong Untuk Mencapai Keseimbangan Kondisi Dasar Sungai yang mendapat dana dari Dikti dalam Hibah Strategi Nasional.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat P2M Ditjen Dikti yang telah memberikan dana dalam penelitian ini dalam Hibah Strategi Nasional. Selain itu diucapkan terima kasih kepada BPLS, Perum Jasa Tirta, BPWS Sungai Brantas, Dinas Pengairan yang telah membantu dalam penyediaan data-data yang digunakan dalam penelitian ini, LPPM UPN

”Veteran” Jatim, Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jatim, Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jatim khusus yang mengambil Tugas Akhir bidang keahlian hidroteknik yang telah membantu kelancaran penyelesaian penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ackers, P. and White, W.R. 1973, *Sediment transport: A new approach and analysis*, J. Hydr. Div. ASCE.
- Cunge, J.A., Holly, F. M.Jr. and Verwey, A., 1980, *Practical Aspects of Computational River Hydraulics*, Pitman Publishing Inc., Boston, MA.
- David L. Rosgen, 1997, *A Geomorphological Approach To Restoration of Incised Rivers*, Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision.
- Jinyun Deng, Yitian Li, 2003, *A Study on The Equilibrium Profile For The Luoshan—Hankou Reach in The Middle Yangtze River*, International Journal of Sediment Research, Vol. 18, No. 2, pp. 107-114.
- J.A. Vasquez, R.G. Millar dan P.M. Steffler, 2005, *River2D Morphology, Part I : Straight Alluvial Channels*, Hydrotechnical Engineering: Cornerstone of A Sustainable Environment, 17<sup>th</sup> Canadian Hydrotechnical Conference,.
- Kusimi, JM., (2008), *Stream Processes and Dynamics in The Morphology of The Densu River Channel in Ghana*, The international Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part B8, Beijing.
- Van Rijn, L.C., 1989, *Handbook; Sediment transport by current and waves, Report H 461*, Delft Hydraulics.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*