

PENELUSURAN HIDRAULIK WADUK RETENSI DALAM KESESUAIANNYA DENGAN PERATURAN PEMERINTAH

(Hydraulic Routing of Damping Reservoir and its Relation to Appropriate Government Regulation)

Djoko Legono*)

ABSTRACT

River is a natural stream where its presence may give benefit either loss to human life, depending upon the way how this river is managed. The negative impacts of the river may become very complex when the development activities are such a way that its influence to the hydraulic performance of the mentioned rivers is considerably large.

This paper deals with the research of hydraulic routing model of damping reservoir which is mainly aimed to obtain a sufficient degree of flood retention. The development of FRSPILL1 as the first release computer program becomes FRSPILL4 is a valuable output of the research, since such program may be utilized to rout the hydraulic performance of the reservoir provided with not only spillway facility, but also the bottom out let facility. The environmental condition which is mainly dominated by heavy population of houses in the inundation in accordance with the government regulation, called Peraturan Pemerintah No. 63 Tahun 1993, is also taken into account in the determination of optimum elevation of spillway crest.

The results of the hydraulic routing of Kali Pesanggrahan damping reservoir shows that optimum capacity of the routing is obtained at damping efficiency of 24% and 20 Ha inundation as a result of the government regulation implementation in the form of 50 m right of way of the river. The above values also indicate the optimum hydraulic size of the damping reservoir (i.e., the width and crest elevation of the spillway), to suit the environmental situation of the surrounding area, by means of its least negative impact.

PENDAHULUAN

Bangunan pelimpah atau "spillway" merupakan fasilitas penting yang harus disediakan pada pembangunan suatu waduk atau bendungan. Bangunan ini berfungsi dua macam, pertama adalah untuk persediaan air pada musim kemarau, kedua adalah untuk menyediakan sejumlah tampungan efektif untuk persediaan air pada musim kemarau, kedua adalah untuk meluapkan air mata.

Ukuran bangunan pelimpah (lebar serta elevasi mercu) sangat tergantung pada nilai limpasan maksimum serta kapasitas tampung minim yang akan diharapkan. Dengan demikian dalam menetapkan ukuran bangunan pelimpah harus di dasarkan pada dua kondisi, yaitu kondisi aliran puncak maksimum serta aliran kontinyu. Pada umumnya nilai aliran puncak maksimum adalah aliran banjir pada suatukala ulang tertentu, sedangkan aliran kontinyu adalah pada andalan tertentu.

Penelusuran hidraulik waduk yang berwawasan lingkungan sangat diperlukan dalam rangka mengantisipasi kemungkinan terjadinya genangan yang mengenai pemukiman padat seperti halnya jaringan sungai di wilayah Jakarta. Menurut Peraturan Pemerintah No. 63 tahun 1993, di luar batas yang ditetapkan (sempadan sungai) tersebut boleh terjadi genangan tapi harus bersifat sementara. Pernyataan bersifat sementara dapat juga diasumsikan "dipinjam"

namun perlu batasan/kriteria yang jelas seberapa luas dan seberapa lama areal tersebut boleh digenangi sementara. Jawaban atas pertanyaan ini perlu didukung dengan kajian-kajian yang lengkap yang didasarkan pada berbagai kondisi penelusuran. Kajian analisis secara lengkap sangat diperlukan mengingat penerapan Peraturan Menteri No. 63 Tahun 1993 dalam praktek sering tidak mudah, mengingat kondisi genangan tidak mungkin seragam, sedemikian hingga pemanfaatan ruangan di sekitar sungai tidak saja berlangsung di bantaran sungai, namun juga di tebing sungai, dan bahkan melintas sungai, demi mengejar estetika.

Pembuatan bangunan tampungan waduk di daerah pemukiman padat akan mempunyai daya tarik yang tinggi apabila bangunan tersebut juga memberikan manfaat terhadap daerah-daerah di sekitar waduk atau daerah di sekitar genangan. Bagi daerah di sebelah hilir waduk, manfaat yang diharapkan adalah pengurangan/peredaman mulai puncak banjir. Namun pada kondisi musim kemarau harus masih mendapatkan aliran dari sebelah hulu, agar pengenceran di alur sungai sebelah hilir masih dapat terselenggara. Untuk keperluan ini harus dijamin adanya debit minimum pada musim kemarau. Untuk Kali Pesanggrahan di desa Limo, debit minimum pada musim kemarau diperkirakan sebesar 2 m³/detik (pengamatan pada bulan Oktober 1997). Jumlah ini tentunya tidak lepas ke hilir semuanya, tergantung pada pemanfaatan di sebelah hilir waduk.

*) Dr.Ir. Djoko Legono, Dosen dan Peneliti Bidang Keairan, Jurusan Teknik Sipil, FT-UGM

Pemanfaatan yang berwawasan lingkungan sudah barang tentu harus memperhatikan daerah-daerah yang membutuhkan baik di sebelah hulu, di sekitar, maupun di sebelah hilir waduk tersebut. Bagi daerah di sekitar waduk, manfaat yang diperoleh adalah berupa tersedianya sejumlah air yang dapat diolah menjadi air baku untuk keperluan sehari-hari, baik untuk pemenuhan kebutuhan domestik, "municipal", dan atau industri.

Bagi daerah sebelah hulu waduk, manfaat yang dapat digunakan adalah sebagai sarana rekreasi ataupun pemanfaatan air tanah ("ground water recharge"). Untuk pemanfaatan sebagai sarana rekreasi, perlu adanya genangan minimum yang dipelihara pada elevasi tertentu.

Dari uraian di atas selanjutnya disusun kriteria dasar perencanaan waduk retensi, yang dapat diterapkan pada sembarang kondisi yang serupa dengan sistim sungai di wilayah Jakarta, yaitu :

1. dimensi/ ukuran waduk retensi harus ditetapkan sedemikian hingga dampak negatif yang mungkin timbul se minimum mungkin.
2. perkiraan dampak negatif harus dilakukan dengan mempertimbangkan validitas keberlakuan Peraturan Pemerintah No. 63 Tahun 1993.
3. kajian penelusuran hidraulik waduk harus dibuat secara lengkap dengan memperhatikan berbagai kemungkinan yang akan terjadi, terutama yang menyangkut volume atau besarnya dampak negatif yang timbul dari berbagai kemungkinan simulasi tersebut.
4. kajian penelusuran tersebut pada 3) perlu dilakukan pada dua jenis aliran masuk, yaitu aliran puncak (dengan suatu kala ulang), serta aliran kontinyu (pada tingkat andalan tertentu)
5. semua jenis pemanfaatan harus diantisipasi dan diikutsertakan dalam kajian penelusuran hidraulik, dan pada gilirannya perlu diwujudkan dalam kegiatan-kegiatan operasi dan pemeliharaan, agar konsistensi fungsi waduk dapat terwujud selama umur waduk.

Dari kriteria dasar tersebut selanjutnya dikembangkan suatu program komputer FRSPILL4, yang merupakan pengembangan program komputer FRSPILL1, dan khusus disiapkan untuk kajian penelusuran hidraulik waduk retensi.

PERSAMAAN DASAR

Persamaan dasar peluapan melalui pelimpah yang digunakan pada program komputer FRSPILL1 adalah persamaan Harold untuk pelimpah bendung tipe Ogee (USBR, Design of Small Dams, 1987), yang di tulis dalam persamaan berikut :

$$Q = CBH^{3/2} \quad (1)$$

dengan :

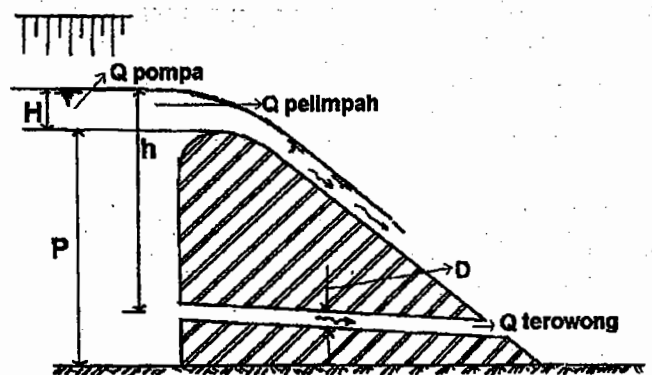
Q = debit melalui mercu pelimpah (m³/detik)

C = koefisien peluapan

B = lebar mercu pelimpah (m)

H = tinggi peluapan di sebelah hulu pelimpah (m)

Nilai koefisien peluapan C tergantung pada tinggi mercu pelimpah serta tinggi peluapan H, dimana pada sistim "meter-kilogram-second" (mks), nilai C berkisar antara 2,00 - 2,25 (Legono, Hydraulic Routing of Spillway Routing, Lake Beratan Bali, 1996). Persamaan dasar peluapan yang digunakan pada program komputer FRSPILL4 adalah sama dengan program FRSPILL1, perbedaan utamanya adalah terletak pada awal penelusuran. Pada program FRSPILL1 awal penelusuran hanya ditawarkan untuk satu kondisi, yaitu pada kondisi dimana elevasi muka air sama dengan elevasi mercu pelimpah. Sedangkan pada program FRSPILL4, awal pelaksanaan ditawarkan pada berbagai kondisi, tergantung pada jenis evaluasi yang dikehendaki. Perbedaan yang lain adalah terletak pada jenis aliran keluar selama proses simulasi/penelusuran. Pada program FRSPILL1 jenis aliran keluar adalah hanya melalui pelimpah, sedangkan jenis aliran keluar pada FRSPILL4, selain melalui pelimpah adalah melalui "bottom outlet" berupa terowong/pipa dengan sembarang diameter, serta pengambilan bebas melalui sistim pipa dengan debit tertentu. Pada Gambar 1 disajikan sketsa tampang waduk retensi yang memberikan gambaran mengenai proses aliran keluar sebagai dasar model penelusuran hidraulik.



Gambar 1. Sketsa aliran keluar dari waduk retensi

$$Q_{\text{peluap}} = CBH^{3/2}$$

P = tinggi peluap

h = tinggi air dihitung dari pusat terowong

H = tinggi peluapan (m) sampai elevasi muka air di dekat sebelah hulu pelimpah.

Persamaan umum aliran keluar melalui terowong ditulis seperti berikut :

$$Q_{\text{terowong}} = A \times V \quad (2)$$

dengan

Q_{terowong} = debit melalui terowong (m³/det)

A = luas tampang terowong (m²)

$$= \frac{\pi}{4} D^2$$

D = diameter terowong (m)

V = kecepatan aliran dalam terowong

$$= \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

(untuk aliran permukaan bebas)

$$= \sqrt{\frac{2gh}{(1+k)}}$$

(untuk aliran tertekan)

n = koefisien Manning (m-1/2/det)

R = radius hidraulik (m)

I = kemiringan memanjang terowong pipa

g = gravitasi (m/det²)

k = koefisien kehilangan pengaliran melalui terowong diperkirakan =4,60

Aliran keluar melalui terowong dapat bersifat sebagai aliran permukaan bebas ("*free surface flow*") maupun aliran tertekan ("*pressurized flow*") tergantung pada posisi elevasi muka air di sebelah hulu dan hilir waduk.

Pelimpah yang dibuat harus mampu melewati debit banjir dengan tinggi jagaan yang cukup. Besarnya debit banjir yang digunakan dalam tinjauan kapasitas bangunan pelimpah adalah debit banjir dengan kala ulang tertentu. Besarnya tinggi jagaan dihitung berdasar kriteria-kriteria umum yang harus dipertimbangkan berkaitan dengan tinggi gelombang yang mungkin timbul pada air waduk, misalnya tinggi gelombang karena adanya angin, kemungkinan gempa, dsb. Tinggi jagaan tersebut sekurang-kurangnya adalah sebesar 1,00 m.

Penelusuran aliran masuk dan aliran keluar pada waduk retensi dilakukan dengan dasar persamaan penelusuran volume menurut Muskingum, yang ditulis ke dalam persamaan berikut :

$$\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right) \Delta t - \left(\frac{O_1 + O_2}{2}\right) \Delta t = S_2 - S_1 \quad (3)$$

dengan:

I = aliran masuk atau inflow (m³)

O = aliran keluar (outflow (m³))

Δt = deskrit waktu (jam)

S = volume tampungan (m³)

Subskrip 1 dan 2 berturut-turut menunjukkan awal periode penelusuran t.

Aliran keluar terdiri dari aliran-aliran melalui terowong, aliran melalui pelimpah, serta pengambilan bebas. Penyelesaian Persamaan (3) harus memperhitungkan karakteristik waduk berupa hubungan antara elevasi muka air vs luas permukaan waduk.

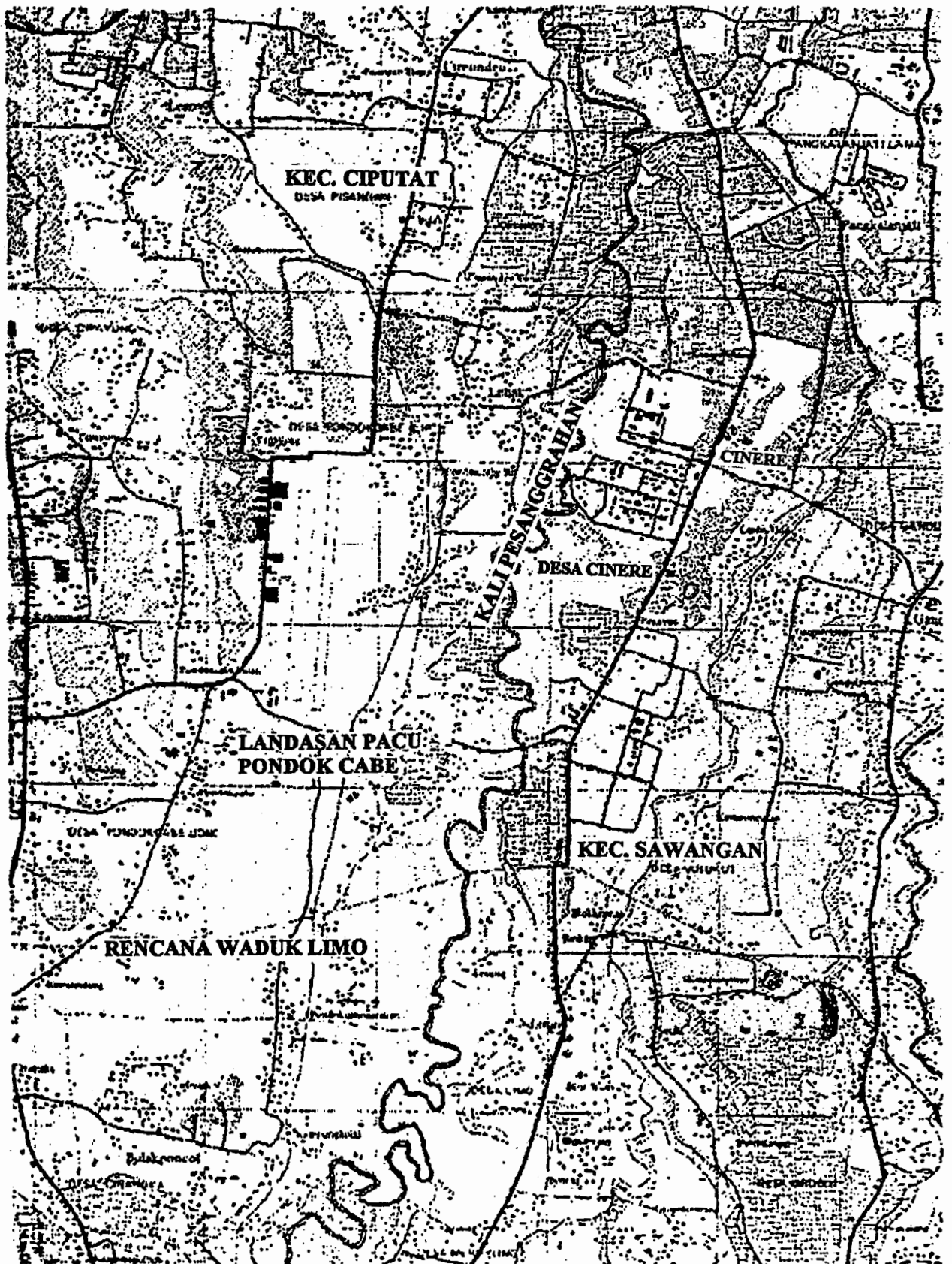
APLIKASI FRSPILLA PADA WADUK RETENSI KALI PESANGGRAHAN

Kali Pesanggrahan merupakan salah satu sungai yang mengalir melalui 2 (dua) propinsi yaitu Propinsi Jawa Barat serta propinsi DKI Jakarta, sungai ini sangat berpotensi untuk menyebabkan banjir di Jakarta, khususnya di daerah IKPN Bintaro, daerah Cipulir, Ulujami, Kembangan dan lain-lain di sepanjang kanan/ kiri alur Pesanggrahan. Dengan adanya perkembangan yang semakin cepat di daerah pengaliran Kali Pesanggrahan maka perlu penanganan sungai yang lebih serius, baik untuk upaya pengendalian banjir maupun pemanfaatan sungai yang lain secara optimal. Pemanfaatan sungai yang lain yang akan diciptakan dengan pembangunan waduk retensi selain pengendalian banjir antara lain untuk :

- a) perbaikan lingkungan
- b) penyediaan air baku
- c) penggelontoran
- d) rekreasi
- e) "*ground water recharge*"

Dalam pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan, pembangunan waduk retensi Kali Pesanggrahan ini akan memperhatikan pengembangan pola tata ruang serta kesesuaiannya dengan tata guna lahan, tata guna air, serta sumber daya alam lainnya. Selain itu satu kesatuan tata lingkungan yang harmonis dan dinamis serta ditunjang dengan pengelolaan perkembangan kependudukan yang serasi, akan diperhatikan dalam pembangunan waduk retensi ini.

Lokasi rencana waduk retensi Kali Pesanggrahan terletak di tengah wilayah administrasi, yaitu di Kotamadya Jakarta Selatan, Kabupaten Tangerang, dan Kabupaten Bogor (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi Rencana Waduk Retensi Kali Pesanggrahan

Semula dipikirkan pembangunan waduk retensi Kali Pesanggrahan tidak hanya satu lokasi saja, melainkan di dua lokasi, yaitu di daerah Kecamatan Cinere serta Kecamatan Limo. Namun melihat kondisi lingkungan di sekitar sungai di daerah Kecamatan Cinere, pembangunan waduk retensi di daerah Kecamatan Cinere, mengalami kendala, salah satu diantaranya adalah banyaknya pemukiman dengan rumah-rumah tergolong mewah berkelas "real estate".

Dengan demikian kajian aplikasi FRSPILL4 untuk penelusuran waduk retensi Kali Pesanggrahan berikut dilakukan terhadap rencana waduk retensi Kali Pesanggrahan di desa Limo.

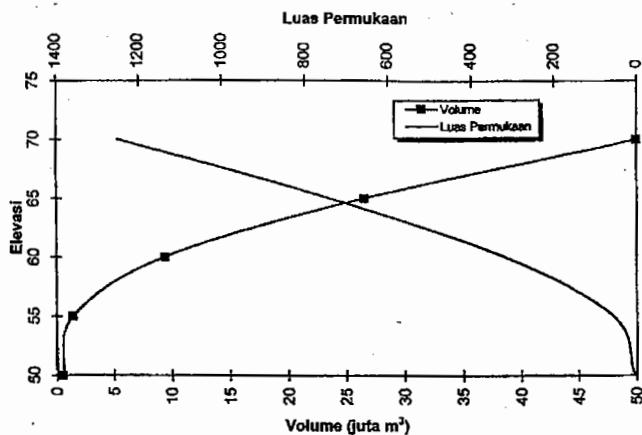
DATA MASUKAN SERTA JENIS KAJIAN PENELUSURAN HIDRAULIK

Penelusuran waduk retensi Kali Pesanggrahan di daerah Kecamatan Limo memerlukan beberapa data masukan, yaitu :

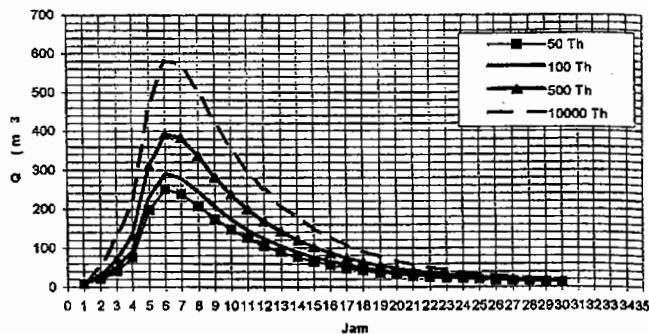
- 1) Karakteristika waduk retensi,
- 2) Hidrograf aliran masuk berupa aliran puncak dengan suatu kala ulang,
- 3) Hidrograf aliran masuk berupa aliran kontinyu pada tingkat keandalan
- 4) Elevasi muka air awal penelusuran
- 5) Geometri bangunan pelimpah (lebar bangunan pelimpah dan elevasi mercu pelimpah) dan terowong.

Dalam penelitian ini karakteristik waduk retensi di tetapkan dari hasil pemetaan topografi yang dilakukan oleh PT. Multimera Harapan pada bulan September 1997. Hidrograf aliran puncak dihitung dengan menggunakan data-data dari stasiun Depok, Parung, serta Sawangan, dengan demikian juga halnya dengan hidrograf aliran kontinyu.

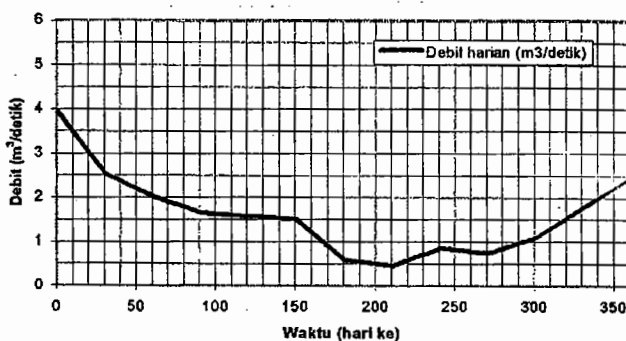
Karakteristika waduk retensi Kali Pesanggrahan di daerah Limo, hidrograf aliran puncak pada berbagai kala ulang, serta hidrograf aliran kontinyu pada tingkat keandalan 80% disajikan berturut-turut pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



Gambar 3. Kurva karakteristik waduk retensi Kali Pesanggrahan di Lokasi Limo



Gambar 4. Hidrograf Aliran Puncak pada Berbagai Kala Ulang di Lokasi Limo



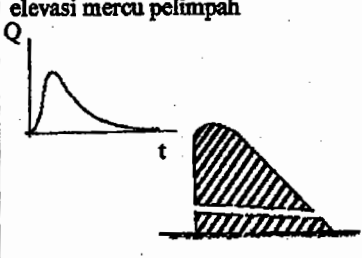
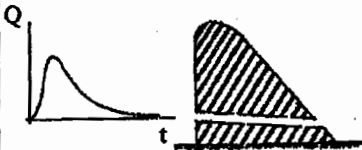
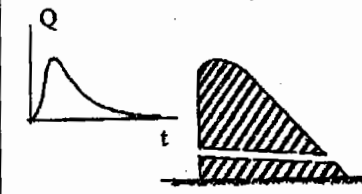
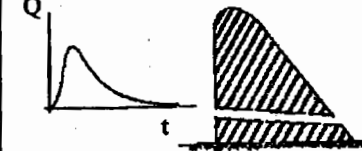
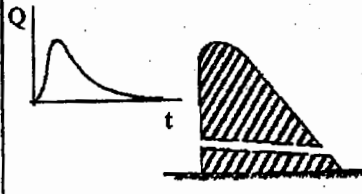
Gambar 5. Hidrograf Aliran Kontinyu pada Tingkat Keandalan 80%

Geometri bangunan pelimpah dan terowong merupakan variasi kajian yang ditujukan untuk mendapatkan posisi elevasi mercu pelimpah yang optimum, dalam hal ini lebar pelimpah diambil 15 m, dan diameter terowong diambil 0,50 m.

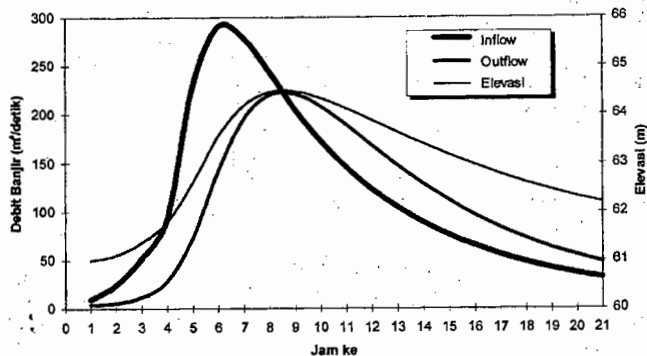
Data masukan lain yang diperlukan adalah data deskrit waktu penelusuran, dimana deskrit waktu yang lebih kecil lebih memberikan stabilitas numerik yang tinggi terhadap proses penelusuran dengan program komputer FRSPILL4.

Jenis penelusuran hidraulik waduk retensi Kali Pesanggrahan di variasi sedemikian untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan berbagai pemanfaatan waduk, yaitu sebagai pengendalian banjir dan atau sebagai pemenuhan kebutuhan yang lain. Termasuk di dalam penetapan jenis penelusuran hidraulik tersebut adalah validitas/ kesesuaian dengan peraturan perundangan yang berlaku, dalam hal ini Peraturan Pemerintah No. 63 tahun 1993. Matrik jenis penelusuran hidraulik waduk retensi Kali Pesanggrahan disajikan pada Tabel 1.

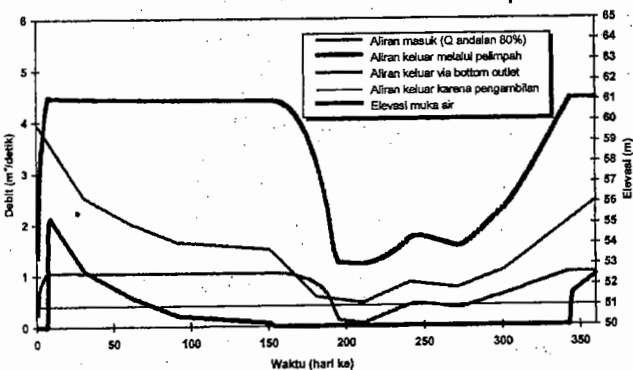
Tabel 1. MATRIK JENIS PENELUSURAN HIDRAULIK WADUK RETENSI KALI PESANGGRAHAN

Jenis Penelusuran	Tujuan Penelusuran	Debit Rancangan	Elevasi Awal Penelusuran	Informasi Hasil Utama yang diharapkan
1	Mengetahui apakah bendungan cukup aman terhadap bahaya limpasan/ "Overtopping"	Debit Puncak (Q_{PMF})	elevasi mercu pelimpah 	mengetahui nilai elevasi m.a. banjir maksimum (plus tinggi jagaan akan merupakan elevasi mercu bendungan yang aman terhadap bahaya "Overtopping")
2	Mengetahui nilai efisiensi peredaman (Damping efisiensi = DE)	Debit Puncak (Q_{100})	elevasi langit-langit "bottom outlet" terowong 	<ul style="list-style-type: none"> - mengetahui nilai elevasi m.a. maksimum - mengetahui lama genangan pada elevasi m.a. maksimum - mengetahui aliran keluar maksimum
3	Mengetahui nilai efisiensi peredaman (Damping Efisiensi = DE)	Q_{100}	elevasi pada tengah-tengah antara mercu pelimpah dengan dasar pipa "bottom outlet"/terowong 	<ul style="list-style-type: none"> - mengetahui nilai elevasi m.a. maksimum - mengetahui lama genangan pada elevasi m.a. maksimum - mengetahui aliran keluar maksimum
4	Mengetahui Kapasitas waduk untuk pengelolaan Tipe A (Pengambilan sejumlah 2 m ³ /detik.	Debit kontinyu (keandalan 80%)	elevasi dasar pipa "bottom outlet"/terowong 	mengetahui apakah air yang tersedia mencukupi untuk DMI (Domestik, " Municipal " dan Industri)
5	Mengetahui kapasitas waduk untuk pengelolaan tipe B (Pengambilan sejumlah 4 m ³ /detik)	Debit kontinyu (keandalan 80%)	elevasi pada tengah-tengah antara dasar "bottom outlet"/terowong dengan mercu pelimpah 	mengetahui apakah air yang tersedia mencukupi untuk DMI (Domestik, " Municipal " dan Industri)

Hasil penelusuran hidraulik waduk retensi dari berbagai jenis penelusuran disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7, berturut-turut untuk penelusuran aliran puncak serta penelusuran aliran kontinyu.

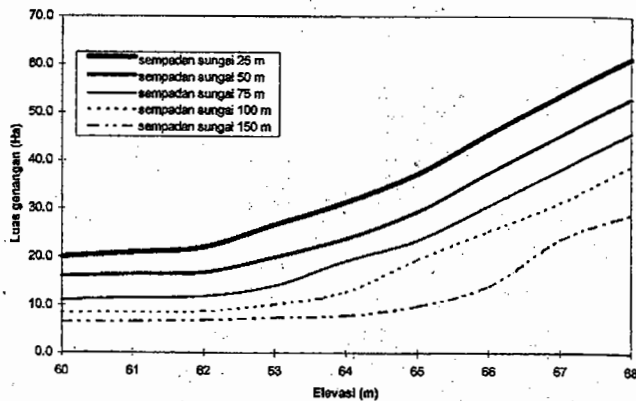


Gambar 6. Penelusuran Aliran Puncak (Kala Ulang 100 th)

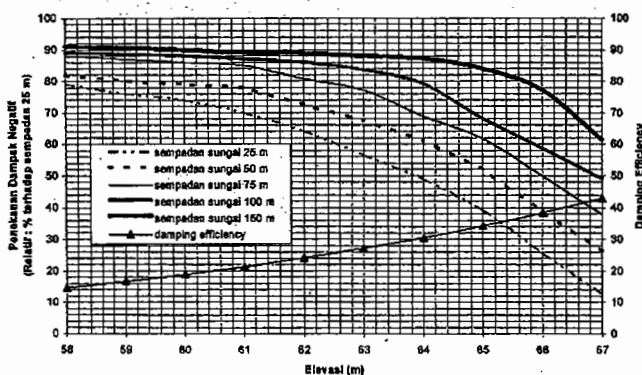


Gambar 7. Penelusuran Aliran Rendah (Diameter "Bottom Outlet": 0,50 m)

Dari sisi peraturan perundangan, khususnya Peraturan Pemerintah No. 63 tahun 1993, kondisi genangan akan memberikan nilai penekanan dampak negatif yang mungkin timbul, dan diasumsikan sebagai nilai relatif (dalam prosen) dari daerah sempadan yang berada di luar garis sempadan. Pada Gambar 8 disajikan informasi mengenai luasan areal yang berada di luar garis sempadan pada berbagai kondisi elevasi muka air genangan. Dari tabel tersebut selanjutnya dihitung nilai relatif penekanan dampak negatif dimaksud, dimana daerah yang mempunyai areal genangan di luar sempadan sungai (yang maksimum) diberi bobot 0%, sedangkan daerah yang tidak mempunyai genangan diluar sempadan sungai diberi bobot 100%, hasil disajikan pada Gambar 9.



Gambar 8. Luas genangan waduk retensi (di luar garis sempadan sungai) pada berbagai sempadan sungai



Gambar 9. Penekanan Dampak Negatif pada berbagai Elevasi dan "Damping Efficiency"

Perlu diketahui bahwa kriteria garis sempadan sungai yang digunakan dalam pembobotan dampak ini adalah bahwa daerah kajian berada di luar daerah perkotaan, sehingga menurut Peraturan Pemerintah No. 63 Tahun 1993 garis sempadan sungai adalah pada jarak 50m, dari tepi sungai. Apabila disusun suatu grafik yang memberikan hubungan antara elevasi mercu pelimpah, nilai "damping efficiency" serta nilai penekanan dampak negatif, maka akan diperoleh nilai optimum mercu pelimpah, yaitu pada + 61.00 m.

KESIMPULAN

- 1) Nilai-nilai penampilan hidraulik penelusuran waduk pada berbagai kondisi sangat diperlukan dalam penetapan dimensi serta pola peruntukan waduk di daerah pemukiman padat seperti halnya Jakarta.
- 2) Program FRSPILL4 merupakan alat yang sangat sesuai dalam meninjau penampilan hidraulik suatu

waduk yang akan dibangun di daerah permukiman padat, terutama dalam kemampuannya untuk memperhitungkan aliran keluar melalui "*bottom outlet*" serta pengambilan air bebas secara kontinyu.

SARAN

Permasalahan non-teknis seperti halnya Peraturan Pemerintah No. 63 Tahun 1993 seyogyanya dikemas menjadi satu kesatuan dengan program FRSPILLA, sehingga daya pakai program dapat meningkat, seiring dengan keperluan penyesuaiannya untuk kasus-kasus seperti wilayah Jakarta. Kasus-kasus yang diantisipasi terutama adalah kasus-kasus yang bersifat non teknis, baik dari aspek-aspek sosial, ekonomi, lingkungan, perundangan, dsb.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Ir. Siswoko, Dipl.HE., Pemimpin Proyek Ciliwung Cisadane atas undangannya untuk partisipasi penulis

dalam diskusi masalah penyelesaian banjir Jakarta, Bapak Dr. Ir. Bambang Triatmodjo, atas diskusinya serta semua pihak yang telah berperan dalam penyajian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1987, "Design of Small Dams", USBR, A Water Resources Technical Publication.
- Legono, D., 1996, "Hydraulic Simulation of Spillway Routing", Lake Beratan, Bali", Media Teknik No. 1. Tahun XVIII Edisi Mei 1996, No. ISSN 0216 - 3012.
- Legono, D, 1996, "Pengaruh Operasional Bendung Karet Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Air untuk Irigasi", Media Teknik No. 3 Tahun XVII Edisi Desember 1996, No. ISSN 0216 - 3012.
- PT. Multimera Harapan, 1997, "Perencanaan Teknis Waduk Retensi Kali Pesanggrahan", Laporan Sela, PKSA Ciliwung-Cisadane.