

Kajian Model Matematik Pengaruh Pemanfaatan Waduk pada Kapasitas Sistem Pengendalian Banjir Jakarta Wilayah Tengah

M. Syahril B.K¹⁾
Iwan K. Hadihardaja¹⁾
Rommy M²⁾

Abstrak

Pelaksanaan kegiatan pengendalian banjir wilayah DKI Jakarta berpedoman pada konsep Prof. H. Van Breen (1918), yang direncanakan pada saat wilayah Kota Jakarta (Batavia) masih memiliki luas wilayah 125 km². Namun seiring dengan perkembangan Kota Jakarta yang menyebabkan perluasan wilayah (650 km² pada tahun 1974) dirasakan perlu adanya modifikasi metoda tersebut, terutama berkaitan dengan pengendalian aliran permukaan dari hulu DAS Ciliwung.

Penyebab banjir yang akan dikaji ialah aliran permukaan (run off) yang terdiri dari run off lokal wilayah Jakarta dan run off dari hulu DAS Ciliwung, dengan penempatan waduk unregulated pada wilayah DAS Ciliwung. Perlunya waduk pada DAS Ciliwung disebabkan adanya kecenderungan meningkatnya curah hujan terutama pada saat puncak musim penghujan pada wilayah tersebut, yang diiringi dengan perubahan tata guna lahan pada hampir semua wilayah DAS, sehingga memperbesar koefisien pengaliran yang merupakan cerminan dari semakin berkurangnya kemampuan tanah untuk melakukan proses infiltrasi terhadap aliran permukaan.

Hasil studi yang telah dilaksanakan menunjukkan bahwa waduk yang diusulkan tersebut hanya merupakan suatu upaya yang tidak akan memberikan kontribusi nyata tanpa adanya dukungan sistem pengendalian banjir lainnya. Oleh sebab itu dibutuhkan kinerja yang sinergis dari seluruh metoda pengendalian banjir yang telah ada, sehingga dapat saling menyempurnakan kinerja pengendalian banjir dimasa mendatang.

Kata-kata Kunci: *Pengendalian banjir, waduk unregulated, pemodelan.*

Abstract

The concept of flood control which issued by Prof. H. Van Breen (1918) that explained Master Plan of Jakarta's Flood Control in comprehensive stage. For additional information, Batavia had 125 km² when Prof. H. Van Breen arranged The Master Plan of Jakarta's Flood Control. But, according the improvement of Jakarta's area (650 km² in 1974) there have been needed some modification of flood control concept to support the last mechanism, especially in relation with run off control from the up stream of Ciliwung Basin.

Cause of flood that will try to analyze is run off which consist from local run off and up stream run off, with use unregulated reservoir in Ciliwung Basin. Reservoir which recommended should has capability to receiving run off from up stream. Based the needed of reservoir are the increasement of rainfall intensity, especially at the peak of rainy season, and followed by the change of land use at catchments area in large proportion, until give contribution to increasement of run off coefficient which show how reduction of soil capability for doing infiltration process.

The result of study shows, the reservoir which recommended is only an effort that will not give significant contribution without support from another flood control method. So there are need better relation performance from all flood control method, and interdependence support another method until find the perfect rules of performance in the future.

Keywords: *Flood control, unregulated reservoir, modeling.*

1. Anggota KK Teknik Sumber Daya Air , FTSL-ITB, Jl. Ganesha No.10 Bandung 40132.

2. Asisten Lab. Uji Model Hidraulik, Teknik Sumber Daya Air , FTSL-ITB, Jl. Ganesha No.10 Bandung 40132.

1. Pendahuluan

Rendahnya kapasitas sistem pengendalian banjir DKI Jakarta telah menjadikan wilayah tersebut sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap banjir, baik dari limpahan hujan lokal maupun dari limpahan hujan daerah BOPUNJUR. Rendahnya kapasitas tersebut antara lain karena rendahnya hidrotopografi (terutama wilayah sepanjang pantai Jakarta dan wilayah tengah), keterbatasan lahan untuk saluran dan tampungan, kurang tepatnya prediksi beban banjir, dan kurang efektifnya pengelolaan sistem pengendalian yang ada.

Banjir besar DKI Jakarta telah terjadi beberapa kali, antara lain adalah pada tahun 1699, 1711, 1714, 1854, 1918, 1942, 1976, 1996, 2002, dan yang terakhir pada awal Februari 2007 yang menyebabkan 75 % wilayah DKI Jakarta tergenang banjir.

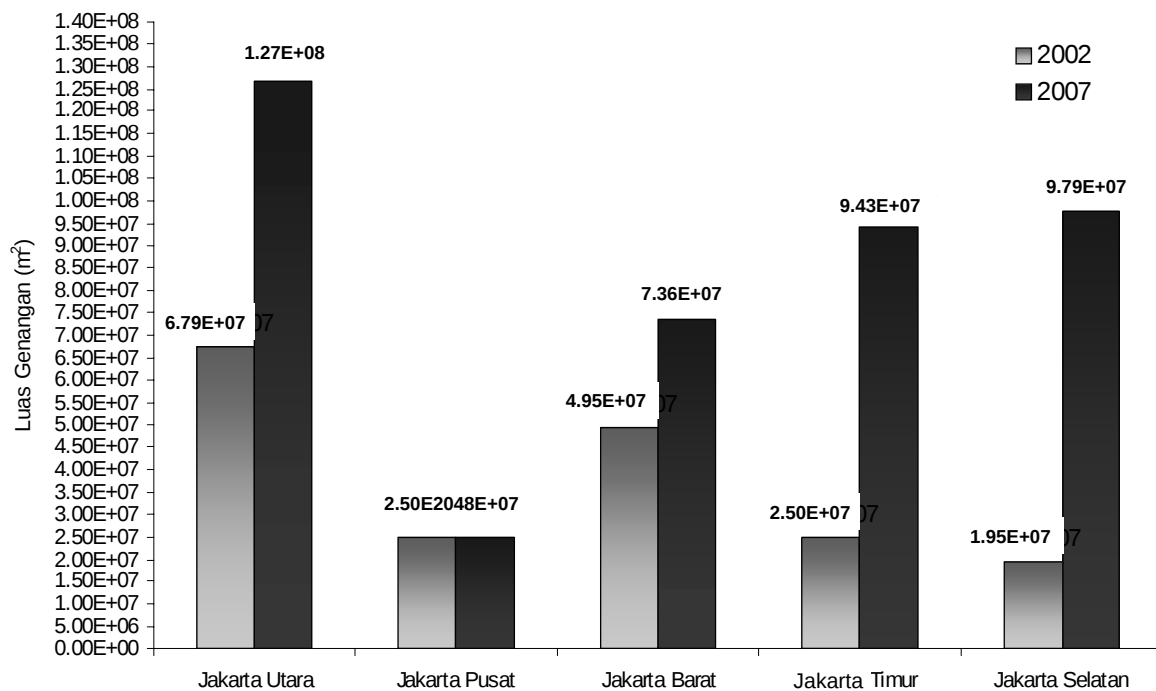
Sistem pengendalian banjir DKI Jakarta dikembangkan berdasarkan pada konsep Prof. H. Van Breen (Master Plan 1973 dan direncanakan pada saat wilayah Kota Jakarta / Batavia masih memiliki luas wilayah 125 km²) dimana beban limpahan hujan dari

luar Jakarta dialihkan melalui Banjir Kanal yang melingkari Jakarta, sementara beban limpahan hujan dari dalam Kota Jakarta dibuang melalui jaringan drainase kota secara gravitasi pada wilayah yang cukup tinggi, dan aliran lokal yang terjadi pada daerah-daerah rendah dibuang dengan sistem polder yang terletak di sepanjang pantai Jakarta.

Seiring dengan perkembangan Kota Jakarta yang menyebabkan perluasan wilayah (650 km² pada tahun 1974) sehingga semakin sulit untuk merealisasikan infrastruktur pengendalian banjir di dalam kota maka dirasakan perlu adanya modifikasi metoda pengendalian banjir tersebut, terutama berkaitan dengan pengendalian aliran permukaan dari hulu DAS Ciliwung.

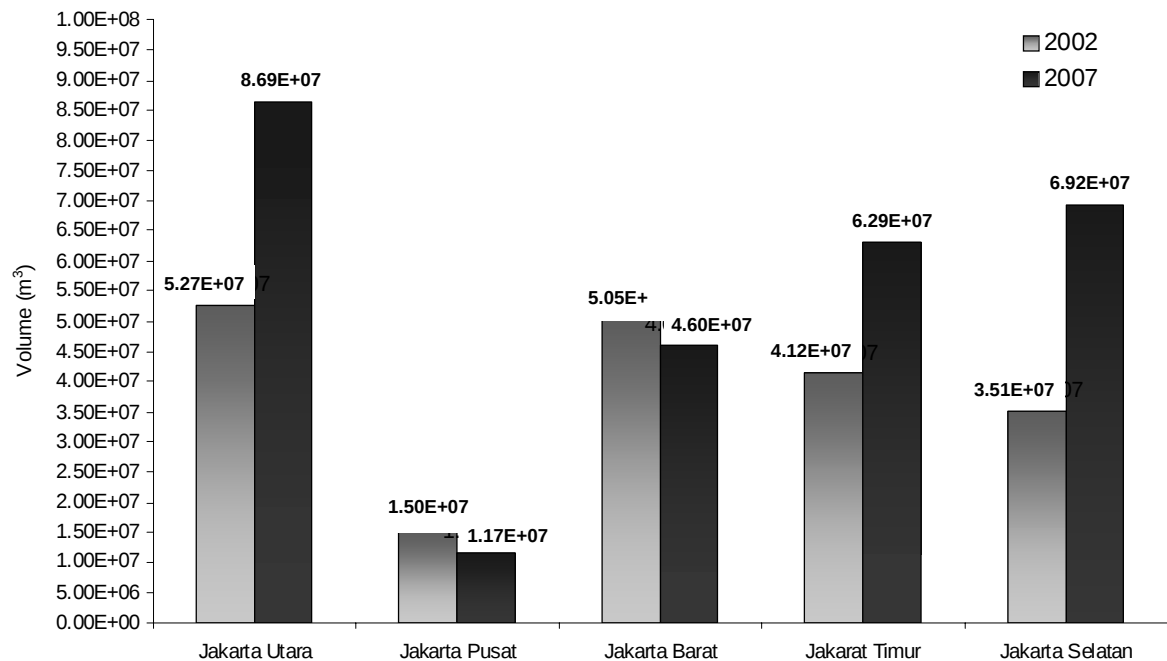
2. Identifikasi Banjir di Wilayah DKI Jakarta

Melalui identifikasi data – data dan perhitungan, diperoleh nilai – nilai parameter fisik banjir wilayah DKI Jakarta pada tahun 2002 dan 2007 dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**:



Gambar 1. Luas genangan banjir di wilayah DKI Jakarta tahun 2002 dan 2007

Sumber : Data dan perhitungan



Gambar 2. Volume banjir di wilayah DKI Jakarta tahun 2002 dan 2007

Sumber : Data dan perhitungan

Selanjutnya dengan visualisasi bar chart parameter fisik banjir di wilayah DKI Jakarta tahun 2002 dan 2007, dapat disampaikan bahwa telah terjadi peningkatan besaran kuantitatif fisik genangan banjir

yang meliputi luas genangan, dan tinggi genangan (bervariasi untuk setiap tempat dan kejadian banjir), sehingga mengakibatkan peningkatan volume genangan banjir.



Gambar 3. Wilayah genangan banjir di DKI Jakarta tahun 2007

Sumber : United Nations Department of Safety & Security 2007

Tabel 1. Indikator kejadian banjir wilayah DKI Jakarta 2002 dan 2007

Indikator	2002	2007
Jangka Waktu	5 hari (29 Jan - 3 Feb)	7 hari (2 - 8 Feb)
Curah Hujan	5288 mm (29 Jan - 3 Feb)	7065 mm (29 Jan - 3 Feb)
Korban Tewas	32 orang	48 orang
Pengungsi	40.000 orang	316.825 orang
Kerusakan Fasilitas Umum	132 gardu listrik padam	2104 gardu listrik padam
		Sentral telpon Semanggi lumpuh
		Telpon seluler & internet terganggu
		Distribusi air bersih terganggu
Kerugian	Rp. 5 Triliun - Rp. 6.7 Triliun	Rp. 10 Triliun - Rp. 12 Triliun
Luas Genangan	16.788 ha	45.500 ha

Sumber : Kompas, 10 Februari 2007

3. Hidrograf Banjir DAS Ciliwung Tengah

Beban drainase yang terjadi pada DAS Ciliwung Tengah divisualisasikan melalui hidrograf banjir pada wilayah tersebut yang diperoleh melalui perhitungan dengan Metoda *Snyder*. Dalam perhitungan hidrograf banjir diperlukan data curah hujan, dan data fisik daerah tangkapan air wilayah terkait.

Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan beban drainase yang terjadi pada saat terjadi banjir di wilayah DKI Jakarta tahun 2002 dan 2007. Adapun data hujan tahun 2002 diperoleh melalui BMG, sedangkan data hujan tahun 2007 diperoleh melalui media cetak dan elektronik pada Februari 2007.

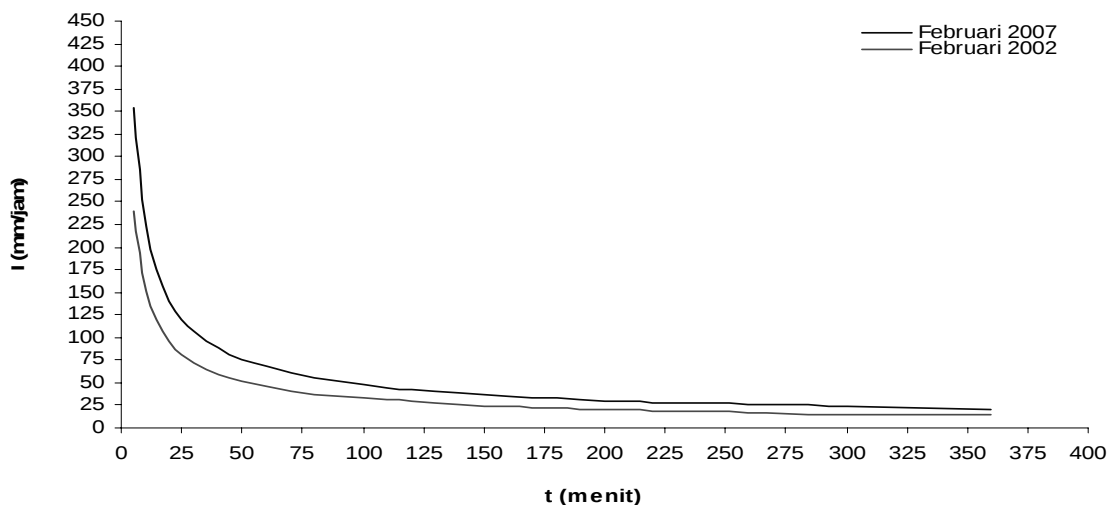
Melalui identifikasi data dan perhitungan dapat diketahui bahwa telah terjadi peningkatan parameter kuantitatif banjir selama kurun waktu 2002 hingga 2007, yang tercermin melalui peningkatan intensitas

hujan dan hidrograf banjir DAS Ciliwung Tengah. Kondisi kapasitas alur sungai yang sangat rendah semakin mempercepat terjadinya banjir pada wilayah tersebut, terutama pada saat puncak musim penghujan.

4. Identifikasi Potensi Waduk pada DAS Ciliwung Tengah

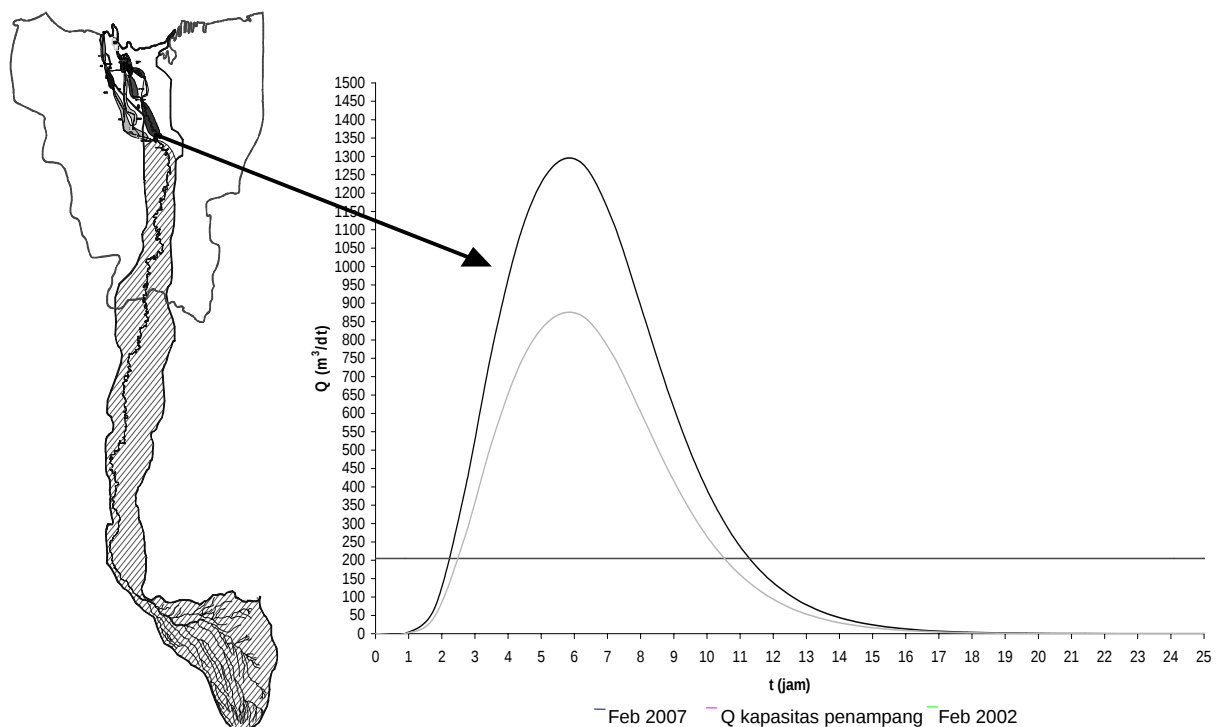
Dengan mengamati kondisi hidrotopografi DAS Ciliwung Tengah, keadaan sosial ekonomi, dan Master Plan Pengendalian Banjir 1997, maka dapat disampaikan dua alternatif lokasi waduk yaitu Bojonggede dan Ciawi.

Dalam identifikasi awal lokasi waduk, diperlukan informasi yang akurat mengenai aliran yang masuk ke waduk (*inflow*) dan kapasitas tampungan waduk. Aliran yang memasuki waduk divisualisasikan melalui hidrograf *inflow* waduk yang diperoleh melalui perhitungan dengan Metoda *Snyder* dengan memperhitungkan data hujan yang terjadi pada Februari 2007, dan parameter fisik daerah tampungan air bagi waduk.



Gambar 4. Perbandingan intensitas hujan pada DAS Ciliwung Tengah

Sumber : Perhitungan dengan Metoda *Mononobe*



Gambar 5. Daerah tangkapan air, dan hidrograf banjir Kali Ciliwung akibat RO dari hulu DAS Ciliwung
Sumber : Perhitungan dengan Metoda Snyder

Melalui identifikasi data dan perhitungan dapat diketahui bahwa telah terjadi peningkatan parameter kuantitatif banjir selama kurun waktu 2002 hingga 2007, yang tercermin melalui peningkatan intensitas hujan dan hidrograf banjir DAS Ciliwung Tengah. Kondisi kapasitas alur sungai yang sangat rendah semakin mempercepat terjadinya banjir pada wilayah tersebut, terutama pada saat puncak musim penghujan.

4. Identifikasi Potensi Waduk pada DAS Ciliwung Tengah

Dengan mengamati kondisi hidrotopografi DAS Ciliwung Tengah, keadaan sosial ekonomi, dan Master Plan Pengendalian Banjir 1997, maka dapat disampaikan dua alternatif lokasi waduk yaitu Bojonggede dan Ciawi.

Dalam identifikasi awal lokasi waduk, diperlukan informasi yang akurat mengenai aliran yang masuk ke waduk (*inflow*) dan kapasitas tampungan waduk. Aliran yang memasuki waduk divisualisasikan melalui hidrograf *inflow* waduk yang diperoleh melalui perhitungan dengan Metoda *Snyder* dengan memperhitungkan data hujan yang terjadi pada Februari 2007, dan parameter fisik daerah tampungan air bagi waduk.

4.1 Kapasitas alternatif waduk

Informasi mengenai kapasitas Waduk Bojonggede diperoleh melalui pengukuran peta topografi rencana lokasi waduk, sedangkan kapasitas Waduk Ciawi diperoleh melalui data sekunder dari instansi terkait.

4.2 Skenario pemanfaatan waduk

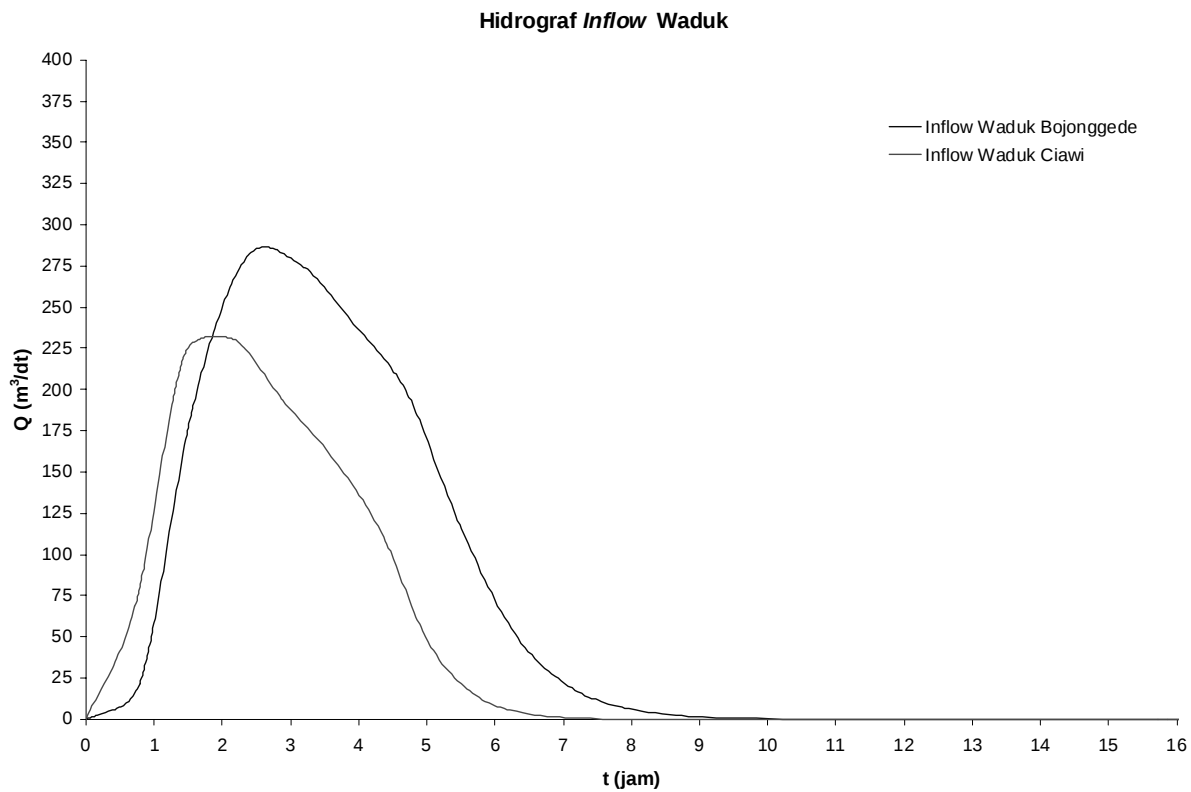
Untuk mengetahui komposisi hidrograf pada tiap skenario, dilakukan perhitungan rambatan hidrograf dengan Metoda *Kinematic Wave*, penelusuran banjir (*Flood Routing*) dengan Metoda *Step by Step*, dan perhitungan *run off* lokal dengan Metoda *Snyder*.

Dalam penelitian ini, pola operasi waduk yang diterapkan ialah pola *unregulated*. Pada kondisi *unregulated*, aliran yang keluar dari waduk tidak dikontrol dengan bangunan pengatur.

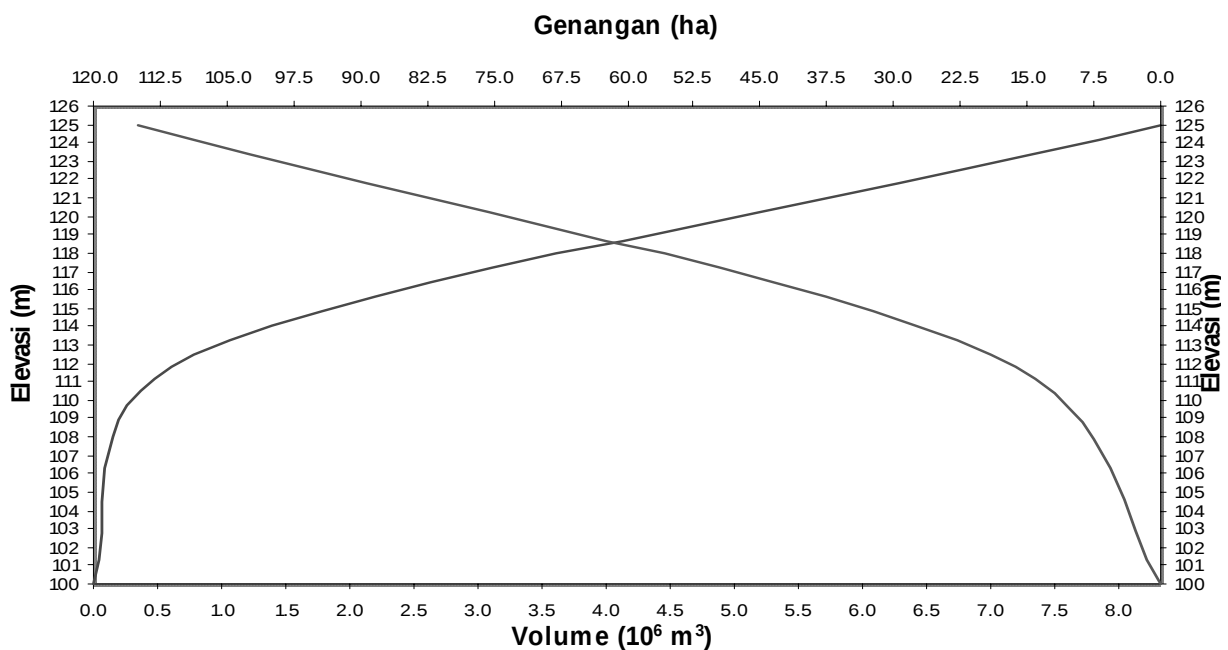
Persamaan untuk Metoda *Kinematic Wave* ialah sebagai berikut :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \frac{\partial Q}{\partial t} = q \quad (1)$$

Perubahan hidrograf yang terjadi akibat penempatan Waduk Bojonggede dapat dijelaskan berdasarkan hidrograf *inflow* waduk di titik *inlet* maupun *outlet* waduk, hidrograf *outflow*, dan hidrograf *run off* lokal. Skema perubahan hidrograf tersebut dapat dijelaskan pada **Gambar 9**, **Gambar 10**, dan **Gambar 11**.

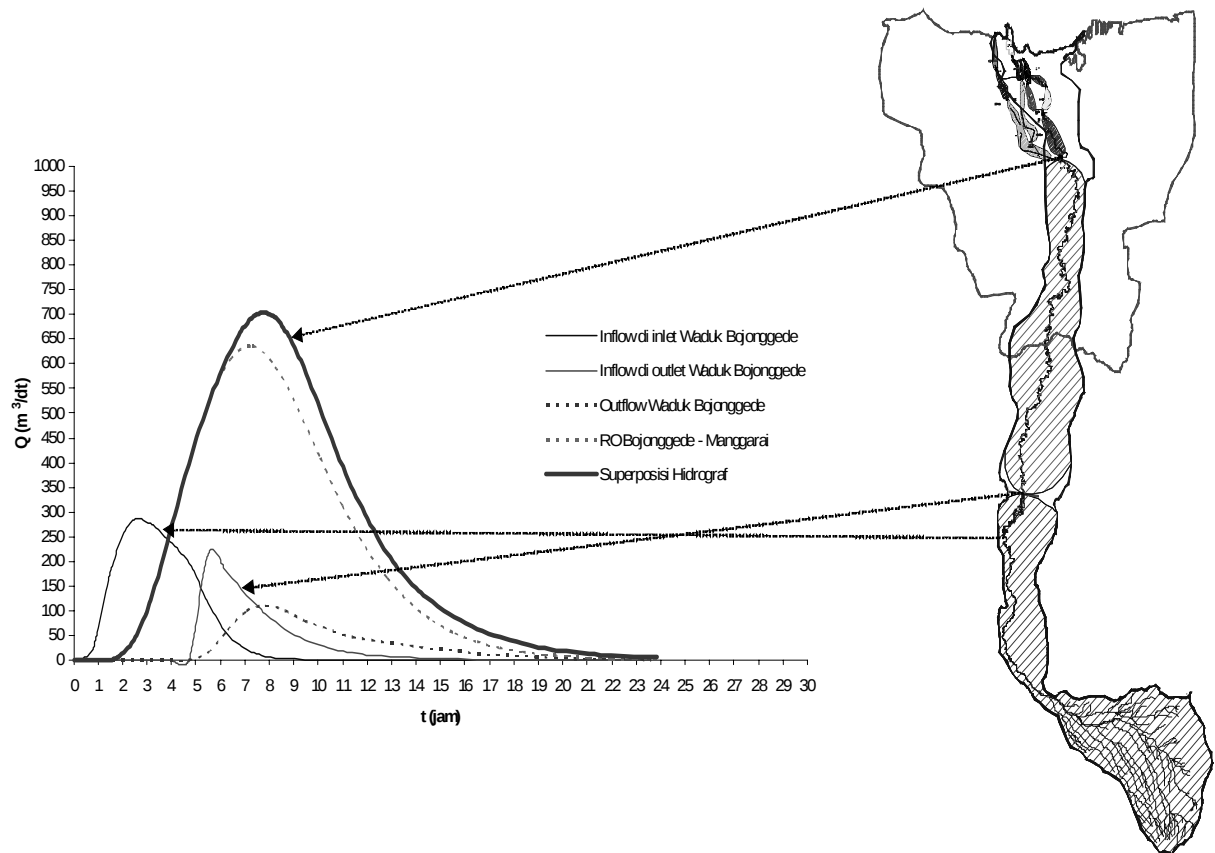


Gambar 6. Hidrograf inflow Waduk Bojonggede dan Waduk Ciawi
 Sumber : Perhitungan (Data hujan Feb 2007) dengan Metoda Snyder



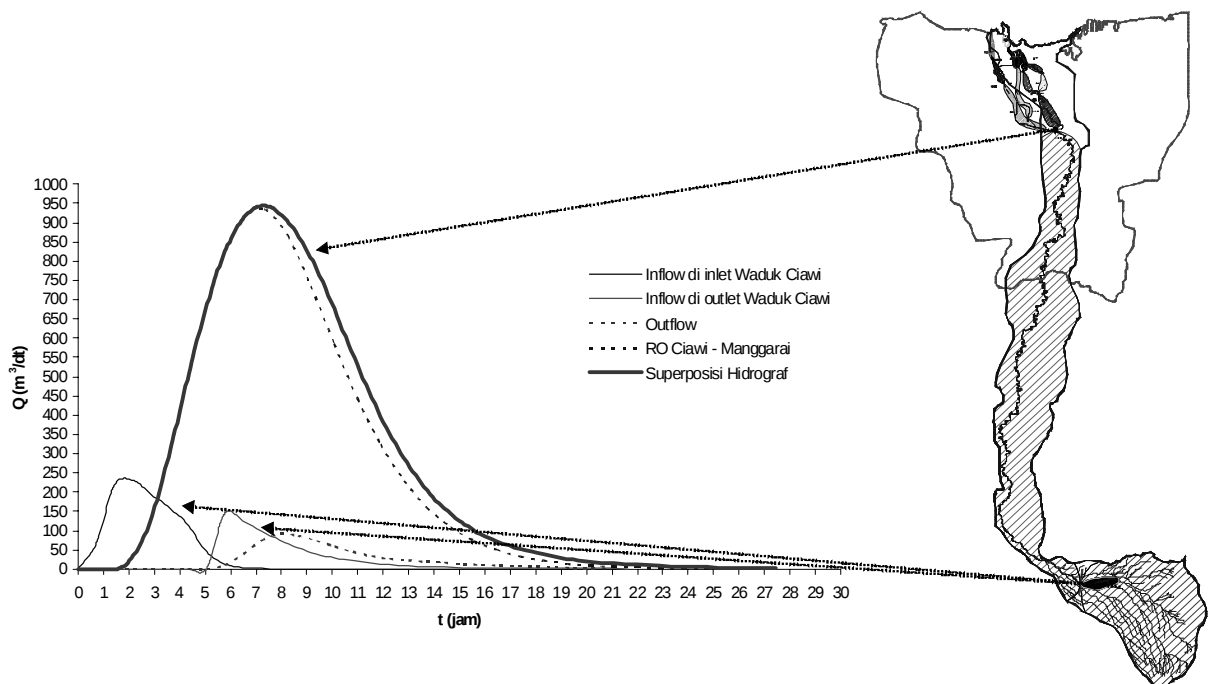
Gambar 7. Hubungan parameter Waduk Bojonggede
 Sumber : Perhitungan dengan bantuan peta topografi

4.2.1 Waduk tunggal Bojonggede



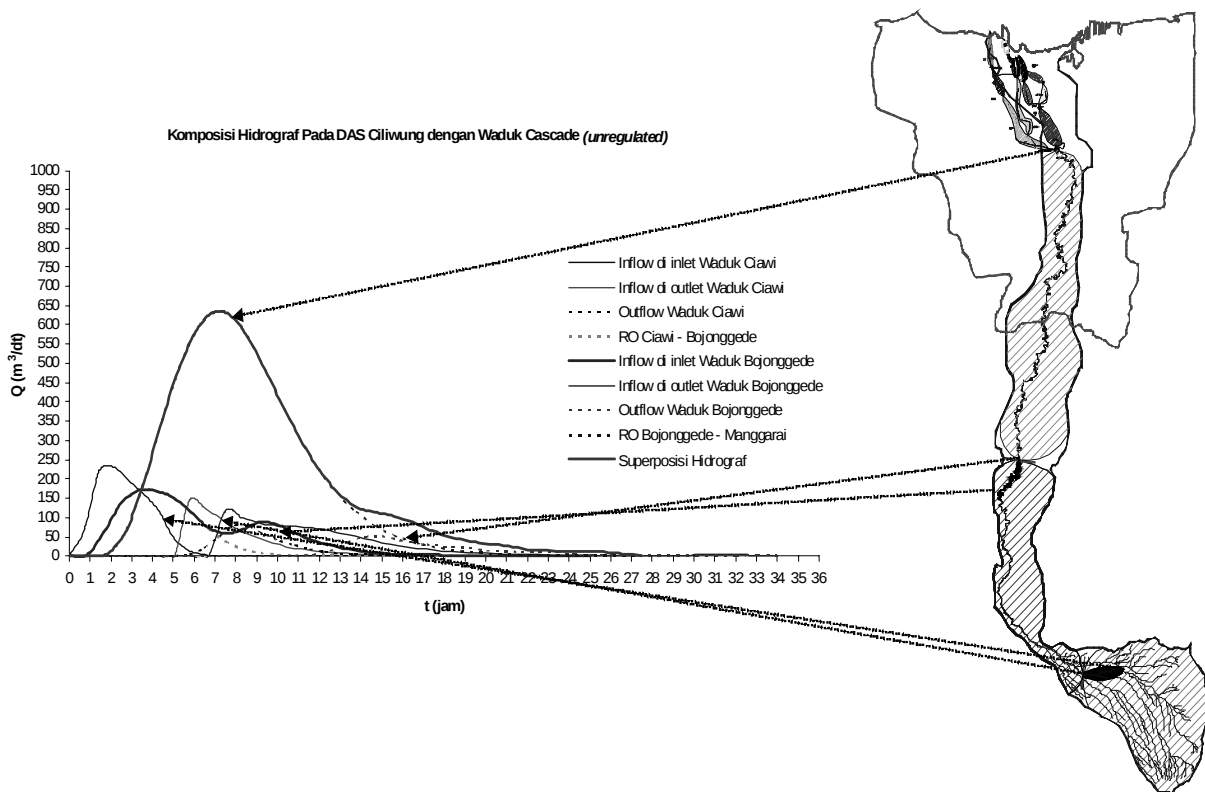
Gambar 9. Komposisi hidrograf pada DAS Ciliwung Tengah dengan Waduk Bojonggede (unregulated)
 Sumber : Perhitungan hidrograf RO dengan Metoda Snyder, dan Flood Routing dengan Metoda Step by Step

4.2.2 Waduk tunggal Ciawi



Gambar 10. Komposisi hidrograf pada DAS Ciliwung Tengah dengan Waduk Ciawi (unregulated)
 Sumber : Perhitungan hidrograf RO dengan Metoda Snyder, dan Flood Routing dengan Metoda Step by Step

4.2.3 Waduk Seri / Cascade (Ciawi dan Bojonggede)



Gambar 11. Komposisi hidrograf pada DAS Ciliwung Tengah dengan Waduk Cascade (unregulated)

Sumber : Perhitungan hidrograf RO dengan Metoda Snyder, dan Flood Routing dengan Metoda Step by Step

Dengan membandingkan hidrograf eksisting DAS Ciliwung Tengah, dan hidrograf – hidrograf pasca penempatan waduk dengan beberapa skenario yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat ditampilkan perubahan hidrograf yang terjadi melalui **Gambar 12**.

Melalui **Gambar 12** dapat disampaikan bahwa beberapa skenario waduk yang diusulkan belum sepenuhnya mampu mereduksi hidrograf secara maksimal. Hal tersebut disebabkan masih tingginya *run off* lokal yang terjadi pada DAS Ciliwung Tengah terutama pada wilayah Kota Jakarta.

5. Pemodelan Perubahan Limpasan Pasca Penempatan Waduk

5.1 Pemahaman konsep pemodelan aliran sungai dengan HEC RAS

Pemodelan tersebut dilaksanakan untuk mengetahui kondisi penampang sungai (node – node), akibat beban drainase yang divisualisasikan melalui hidrograf banjir. Untuk memperoleh model yang representatif maka dilakukan pemodelan dengan kondisi *Unsteady One – Dimensional Flow*, dimana pada intinya menerapkan kondisi aliran yang berubah terhadap ruang dan waktu dalam 1 (satu) dimensi.

Dalam penerapan konsep *unsteady flow* digunakan dua persamaan utama yaitu Persamaan Kontinuitas dan Persamaan Momentum.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gAS_0 + g \frac{Q|Q|}{AC^2R} = 0 \quad (3)$$

Selain persamaan kontinuitas dan momentum, untuk *input* pemodelan fisik sungai dibutuhkan pula data profil penampang sungai, yang diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan atau data sekunder berupa peta kontur dengan interval kontur yang rapat sehingga dapat medeskripsikan profil penampang sungai yang mendekati kondisi eksistingnya.

5.2 Syarat batas hidrograf banjir

Dengan menggunakan hasil perhitungan hidrograf – hidrograf sebelumnya maka diperoleh syarat batas (*Boundary Condition*) untuk digunakan dalam pemodelan. Berikut ini merupakan kurva-kurva hidrograf aliran lokal hasil perhitungan dengan Metoda Snyder.

5.3 Pelaksanaan tahap – tahap dalam pemodelan

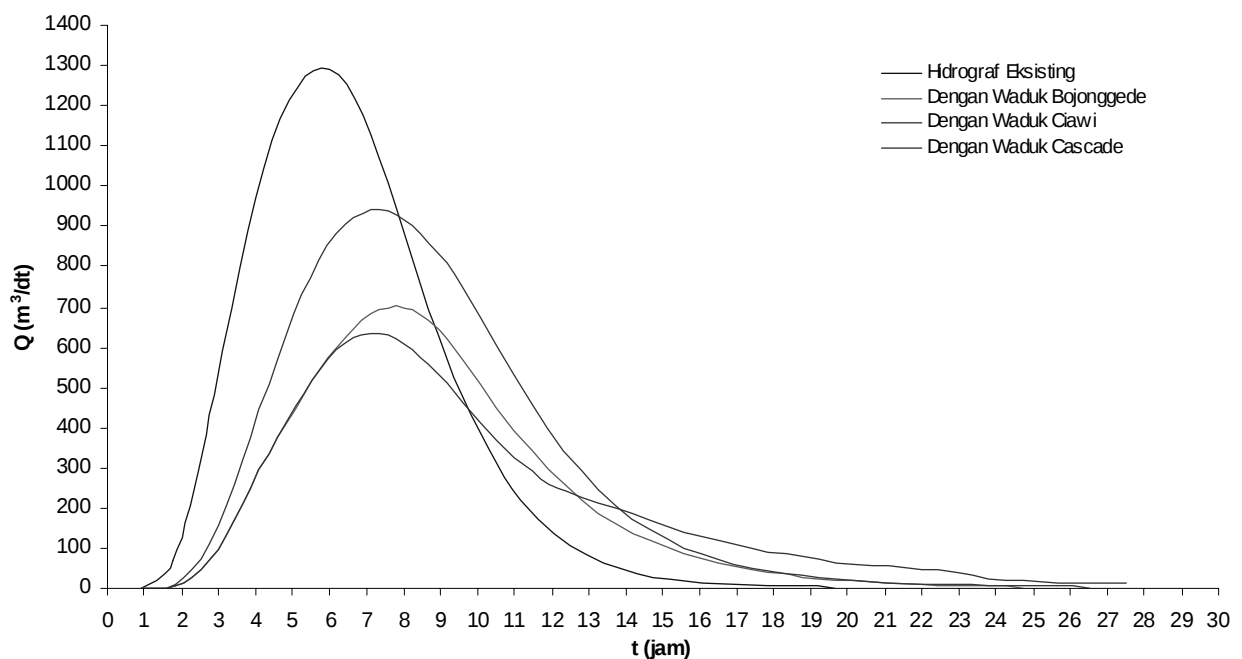
Langkah – langkah yang dilaksanakan dalam memasukkan data yang dibutuhkan dalam pemodelan aliran sungai dengan **HEC RAS 3.1.3** ialah sebagai berikut :

- Melalui data koordinat yang diperoleh dengan bantuan *tools distance* pada **AutoCAD**, dilakukan *plotting* data geometri alur jaringan sungai pada bagian *input* geometri **HEC RAS 3.1.3**
- Deskripsikan data tiap – tiap penampang melintang sungai sesuai dengan *node – node* yang telah ditetapkan sebelumnya.
- Posisikan hidrograf – hidrograf sebagai syarat batas (*boundary condition*) sesuai hasil perhitungan, seperti pada **Gambar 13** dan **Gambar 14**.

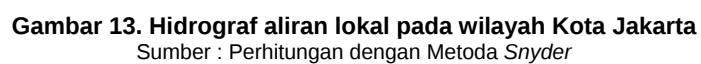
Hasil *input* data fisik alur sungai dapat dilihat pada **Gambar 15**.

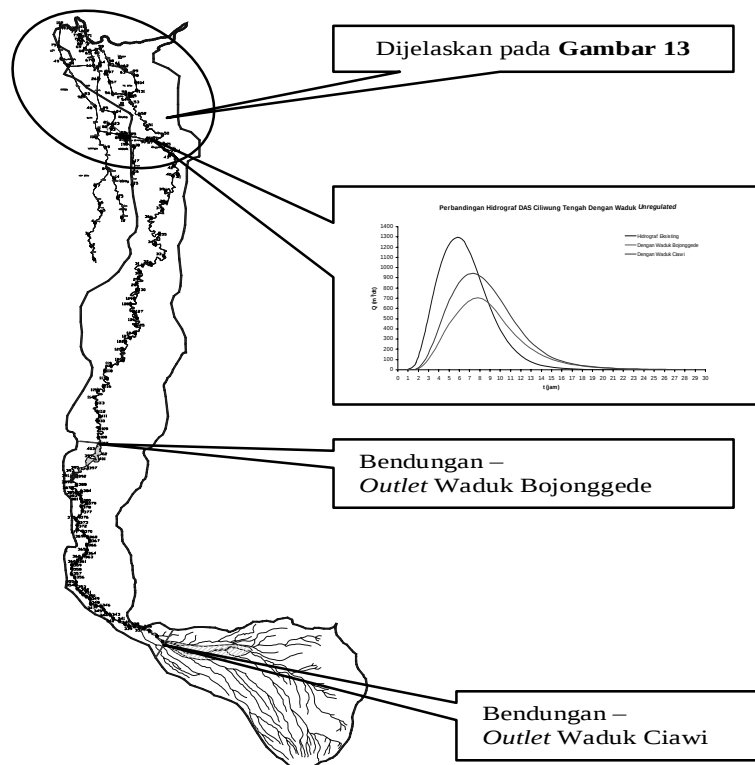
Pada skema model tersebut, node paling hulu merupakan titik *outlet* **Waduk Ciawi**, dilanjutkan dengan penempatan node-node hingga titik *outlet* **Waduk Bojonggede**, dan node - node lain hingga membentuk alur Sungai Ciliwung, termasuk percabangan – percabangan yang terdapat pada sungai tersebut.

Setelah seluruh data input pemodelan dimasukkan kedalam *tools input* **HEC RAS 3.1.3**, dilakukan proses *running* pemodelan dengan skenario penempatan **Waduk Bojonggede**, dan dilanjutkan dengan penempatan **Waduk Ciawi**.

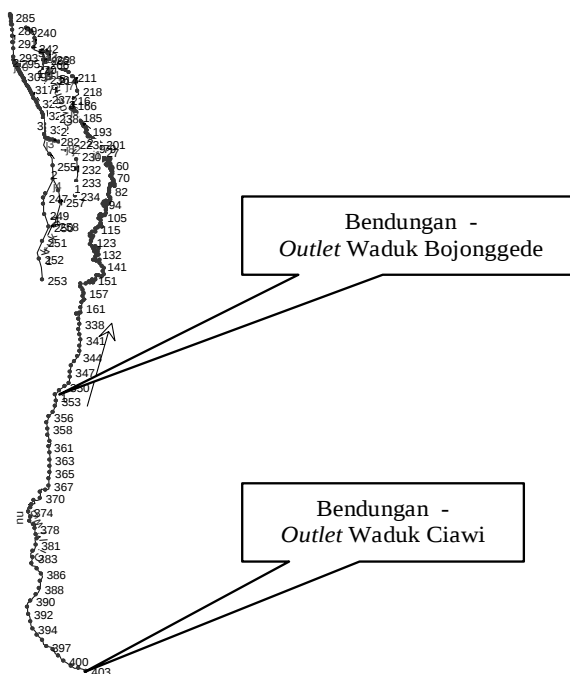


Gambar 12. Perbandingan hidrograf DAS Ciliwung Tengah dengan waduk *unregulated*

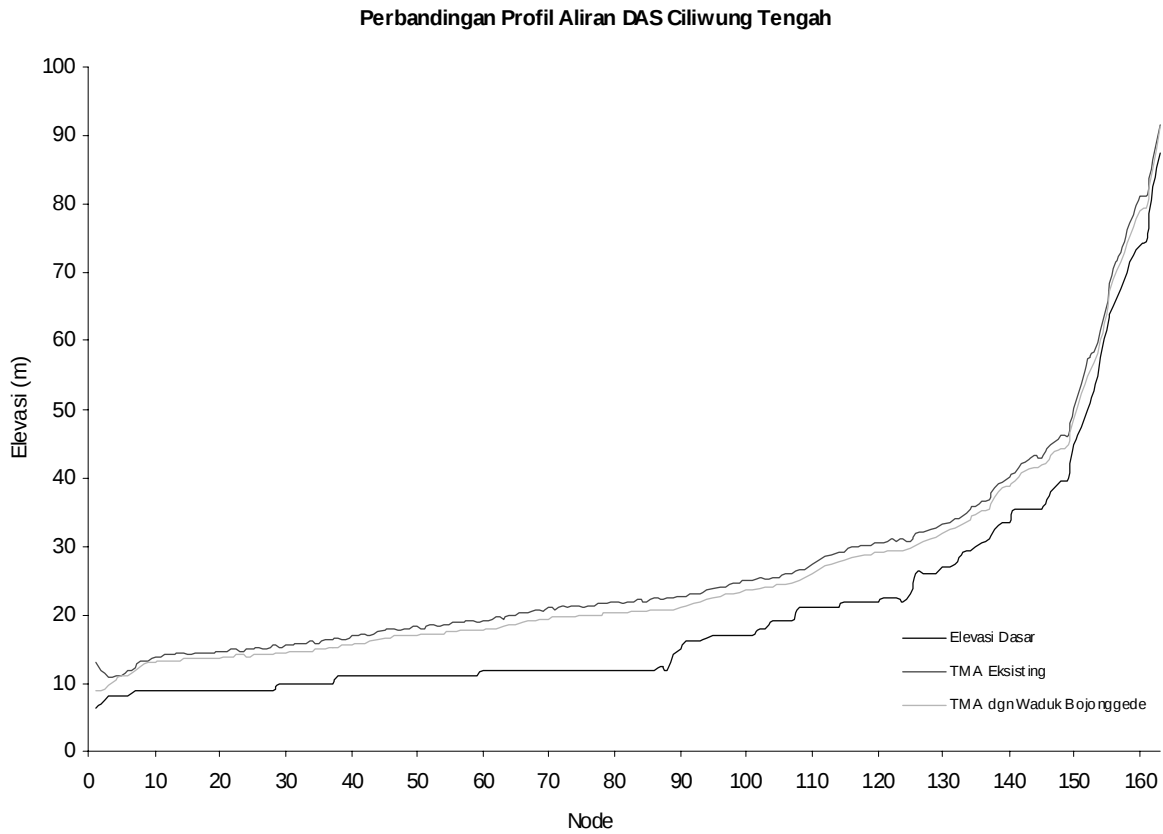




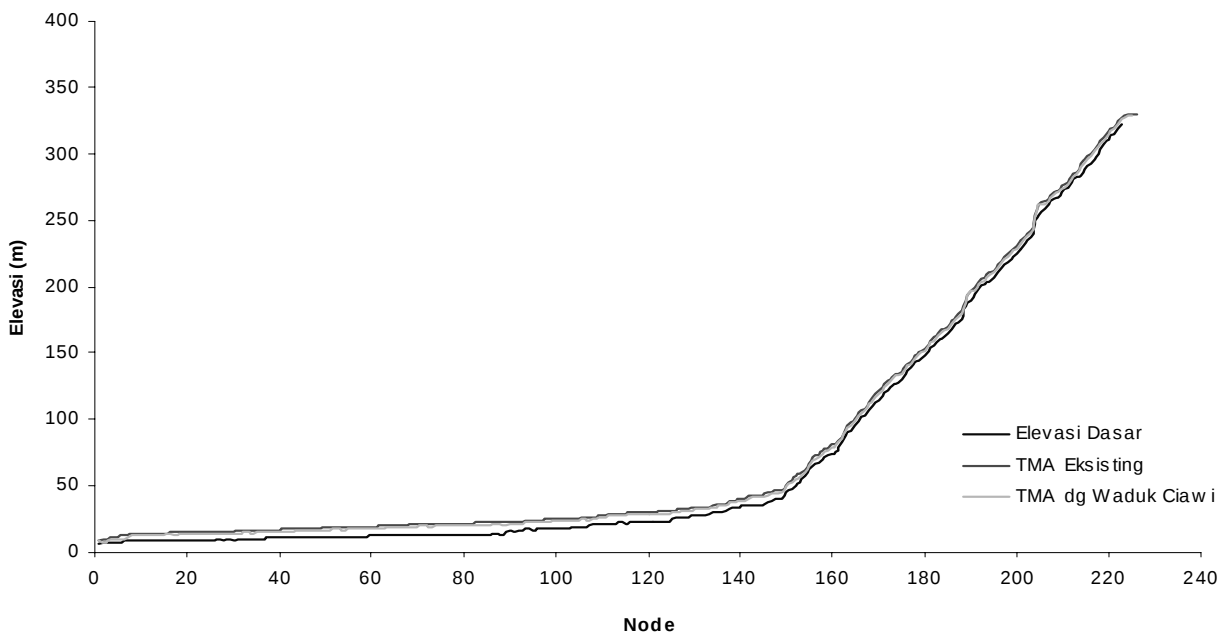
Gambar 14. Skema pemodelan alur Sungai Ciliwung
Sumber : Peta kontur DAS Ciliwung Tengah



Gambar 15. Node – node pada jaringan sungai dengan penempatan Waduk Ciawi dan Waduk Bojonggede
Sumber : Input HEC RAS 3.1.3



Gambar 16. Perbandingan profil aliran eksisting dan setelah terdapat Waduk Bojonggede (*unregulated*) pada alur Sungai Ciliwung
 Sumber : *Output HEC RAS 3.1.3*



Gambar 17. Perbandingan profil aliran eksisting dan setelah terdapat Waduk Ciawi (*unregulated*) pada alur Sungai Ciliwung
 Sumber : *Output HEC RAS 3.1.3*

Dengan *output* pemodelan yang diperoleh, dilakukan *plotting* pada peta kontur Wilayah Tengah Jakarta untuk memperoleh informasi lokasi genangan banjir yang masih terjadi sebagai berikut :



Gambar 18. Lokasi genangan pada Wilayah Tengah Jakarta dengan penempatan waduk pada DAS Ciliwung Tengah

Sumber : *Output HEC RAS 3.1.3*, dan *plotting* pada peta kontur Wilayah Tengah Jakarta

6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat disampaikan ialah sebagai berikut :

- Melalui pemodelan dengan **HEC RAS 3.1.3** yang melibatkan **333 Node** dapat diketahui bahwa dengan pemanfaatan **Waduk Bojonggede** di Kabupaten Bogor menyebabkan pengurangan parameter aliran Sungai Ciliwung sebagai berikut :
 - Pengurangan tinggi muka air rata – rata pada alur Sungai Ciliwung yaitu **1.308 m**;
 - Pengurangan luas genangan akibat adanya waduk yaitu 414 ha;
 - Pengurangan volume genangan banjir akibat adanya waduk yaitu 5 juta m³.
- Melalui pemodelan dengan **HEC RAS 3.1.3** yang melibatkan **397 Node** dapat diketahui bahwa dengan pemanfaatan **Waduk Ciawi** di Kabupaten Bogor menyebabkan pengurangan parameter aliran Sungai Ciliwung sebagai berikut :
 - Pengurangan tinggi muka air rata – rata pada alur Sungai Ciliwung yaitu **0.75 m**;

- Pengurangan luas genangan akibat adanya waduk yaitu **237 ha**;
- Pengurangan volume genangan banjir akibat adanya waduk yaitu **2.3 juta m³**.

- Melalui pemodelan yang telah dilakukan dapat disampaikan bahwa Waduk Bojonggede memberikan reduksi parameter banjir yang lebih tinggi dibandingkan dengan Waduk Ciawi.

Saran yang dapat disampaikan ialah sebagai berikut :

- Mengupayakan tampungan – tampungan air (situ) pada alur Sungai Ciliwung, terutama pada ruas Depok – Manggarai, karena terdapat kecenderungan bahwa intensitas hujan yang terjadi pada bagian hilir (Wilayah Kota Jakarta saat ini) lebih besar daripada intensitas hujan pada bagian hulu.
- Untuk mengantisipasi *run off* yang masih terjadi di bagian *outlet* waduk diperlukan peningkatan kapasitas pompa.
- Untuk mengatasi *run off* dari hulu DAS – DAS yang menuju wilayah Kota Jakarta, dan sekitarnya perlu diadakan waduk pada alur sungai lainnya, sehingga terjadi keselarasan antara pengendalian *run off* lokal dan *run off* dari hulu DAS terkait.

Daftar Pustaka

- Hydraulic Refrence Manual HEC RAS 3.1.3*, 2002, US Army Corps Engineers.
- 1994, “*Jabotabek Water Resources Management Study*”, IWACO, DHV Consultants, DELFT HYDRAULICS, TNO.
- Pedoman Pelaksanaan Pengendalian Banjir DPU DKI Jakarta, 1998.
- Penataan Banjir Kanal Barat (Pintu Air Manggarai s.d. Muara), 2002, DPU DKI Jakarta – PUSLITBANG SDA Bandung.
- Simulasi di Wilayah Aliran Barat DKI Jakarta, 2002, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Bandung Jawa Barat
- JICA, 1997, “*The Study on Comprehensive River Water Management Plan in Jabotabek*”.
- 1973, “*Rencana Induk untuk Pengeringan dan Pengendalian Banjir di Jakarta*”, Proyek Pengendalian Banjir DKI Jakarta – NEDECO,
- Rencana Tata Ruang Kabupaten Dati II Bogor 2004 – 2009, Pemerintah Kabupaten Bogor, 2005

- Riset Unggulan ITB, 2004, "*Teknologi Pengendalian Banjir*", Studi Kasus Sistem Drainase Kawasan Cideng DKI-Jakarta,
- Priambodo, B., 2005, "*Banjir di Daerah Pantai yang Mengalami Penurunan Tanah (Land Subsidence) & Dipengaruhi Oleh Peningkatan Muka Air Laut (Sea Level Rise)*",
- ReVelle, C., 1999, "*Optimizing Reservoir Resources*", John Willey & Sons, Inc.
- Faganello, E., Attewill, L., 2005, "*Flood Management Strategy for the Upper and Middle Odra River Basin: Feasibility Study of Raciborz Reservoir*".
- Kuiper, E., "*Water Resources Development*", Butterworths, London.
- Kuiper, E., "*Water Resources Project Economics*", Butterworths, London
- Filippone, E.F., Walsh, J.W., 1990, "*The Flood Control Saga in The Passaic River Basin*".
- Correia, F.N., Saraiva, M.D., Da Silva, F.N., Ramos, I., 1999, "*Floodplain Management in Urban Developing Areas*", Part I. Urban Growth Scenarios and Land-Use Controls.
- Fengqing, J., Cheng, Z., Mu, G., Hu, R., Meng, Q., 2005, "*Magnification of Flood Disasters and its Relation to Regional Precipitation and Local Human Activities since the 1980s in Xinjiang, Northwestern China*".
- Kusuma, M.S.B., Tjahjadi, D., Bagus, M., Farid, M., 2007, "*Kajian Sistem Pengendalian Banjir Wilayah Tengah DKI Jakarta Terhadap Beban Hidrograf Banjir Akibat Hujan Merata*", Jurnal Teknik Sipil ITB.
- Rommy. M., 2007, "*Studi Mengenai Pemanfaatan Waduk Pada DAS Ciliwung Untuk Pengendalian Banjir Wilayah Tengah DKI Jakarta*".
- Ahmad, S., Simonovic, S.P., 2006, "*An Intelligent Decision Support System for Management of Floods*".
- Firdaus., L., Tjahyadi, D., 2004, "*Hidrograf Drainase Perkotaan dan Pengurangan Puncak Banjir (Studi Kasus Kawasan Jati Pinggir Jakarta)*", Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (Puslitbang SDA Bandung - ITB).
- Te Chow, V., 1998, "*Applied Hydrology*", Mc Graw Hill Inc, USA.