

# THE EVALUATION OF FLOOD CONTROL EFFECTIVENESS FOR 37 EMBUNG AT UPPER SEMARANG CITY

## Evaluasi Kemampuan Pengendalian Banjir pada 37 Embung di Hulu Kota Semarang

Hermono Suroto Budinetro, Tauvan Ari Praja, dan Sri Rahayu

Peneliti Balai Sungai, Pusat Litbang. Sumber Daya Air, Badan Litbang, Kementrian PU,  
Jl. Solo – Kartosuro Km. 7 Surakarta-57101, E-mail : [hermonob@yahoo.com](mailto:hermonob@yahoo.com)

### ABSTRACT

Floods and inundations that happened in Semarang, causes a lot of damages. One of the cause of flood is water flowing from upstream area. Embung at upper area is one of the way to control water which come from upstream area, so that is not cause floods. Embung is small dam, which hold and keeps excess water from upstream area at heavy rainfall, and releases the water after that. For the flood control of Semarang City, have been evaluated the effectiveness of 37 candidate embungs for lessening floods discharge which will flow to the downstream area. The evaluation of embung effectiveness, were analysed by topography data, hydrologi, floods routing, and for the discharge simulations were used Nakayasu method with 50 year return period. The technical specification of 37 embungs were evaluated, is: The height embung from base to the top of spillway between 2 to 10 meters except embung UNDIP which has 25m height, length of spillway between 1 to 14 meters, free board height between 5 to 7 meters. With design as above, 37 planned embung can reduce peak discharge between 29.4 % to 89.7 % from the existing flood if without embung, with time lag between 1 to 3 hour. The biggest is Embung Bandarjo can reduce peak discharge 820.6 m<sup>3</sup>/s, equal with 87.9 %, with time lag is 1 hour. The second is Embung Karang Dampya can reduce peak discharge 256.2 m<sup>3</sup>/s, equal with 87,0 %, with time lag is 3 hour. Embung Watu Pawon although only 38.60 m<sup>3</sup>/s, but that would be 89.7 % from existing discharge, with time lag is 3 hour.

**Keywords:** Flood control, evaluation, embung

### ABSTRAK

Banjir dan genangan yang terjadi di Semarang menyebabkan banyak kerusakan. Salah satu penyebab banjir adalah aliran dari daerah hulu. Embung yang di bangun di daerah hulu adalah salah satu cara untuk mengendalikan aliran air dari daerah hulu, sehingga tidak menyebabkan banjir. Embung adalah waduk kecil yang menahan dan menyimpan kelebihan air jika terjadi hujan lebat, dan melepaskan kehilir sesudahnya. Untuk tujuan pengendalian banjir Kota Semarang, dilakukan evaluasi kemampuan menurunkan debit banjir pada 37 calon embung yang mungkin dibangun di daerah hulu Kota Semarang. Evaluasi kemampuan embung dilakukan dari data topografi, analisa hidrologi, penelusuran banjir, dan simulasi debit menggunakan metode Nakaayasu dengan periode ulang 50 tahun. Spesifikasi teknik 37 embung yang dievaluasi adalah: Tinggi embung dari dasar sampai mercu pelimpah antara 2 s/d 10 meter kecuali Embung UNDIP yang mempunyai ketinggian 25 meter, panjang pelimpah antara 1 s/d 14 meter, tinggi jagaan antara 5 s/d 7 meter. Dari design diatas, 37 rencana embung masing-masing dapat mengurangi debit puncak antara 29,4 % s/d 89,7 % dari debit semula, dengan waktu perlambatan 1 s/d 3 jam. Embung Bandarjo adalah yang terbesar dengan kemampuan reduksi sebesar 820,6 m<sup>3</sup>/s, atau setara dengan 87,9 %, dengan waktu perlambatan 1 jam, disusul Karang Dampya kemampuan reduksi sebesar 256,2 m<sup>3</sup>/s, atau setara dengan 87,0 %, waktu perlambatan 3 jam. Embung Watupawon walaupun kemampuan reduksinya hanya sebesar 38,60 m<sup>3</sup>/s, atau tetapi setara dengan 89,7 % dari debit semula dengan waktu perlambatan 3 jam.

**Kata-kata Kunci:** Pengendalian banjir, evaluasi, embung

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang cepat memicu pertumbuhan daerah permukiman dan mengurangi daerah resapan air, serta meningkatnya pertumbuhan ekonomi tanpa memperhatikan keseimbangan alam telah menyebabkan kekeringan, banjir di desa maupun dikota, dan kualitas air yang semakin buruk. Disamping hal-hal tersebut, kurang adanya penanganan limbah industri dan domestik yang memadai, serta kurangnya kesadaran masyarakat terhadap lingkungan, menyebabkan masalah sampah dan sedimentasi juga mempunyai andil yang cukup besar sebagai penyebab masalah diatas.

Permasalahan umum yang menjadi isu pada kota-kota pantai yang sedang berkembang di Indonesia adalah sebagai berikut :

- Berkembangnya permukiman di daerah pantai dan di sekitar muara sungai-sungai merupakan cikal bakal pertumbuhan kota-kota besar, demikian pula yang terjadi di Indonesia, sebagai contoh Kota Surabaya, Jakarta dan Semarang.
- Tidak terpadunya perencanaan dan pelaksanaan pembangunan, karena tidak seimbang kemampuan serta kecepatan pemerintah dalam membangun berbagai parasarana kawasan, terhadap keinginan masyarakat dan pihak swasta dalam mengembangkan kawasan yang bersangkutan.

- Masyarakat mereklamasi dan membangun daerah permukiman di lahan rawa landai yang merupakan hasil proses sedimentasi. Kegiatan tersebut ada yang dilakukan secara terencana, tetapi ada pula yang tidak terencana dengan baik.
- Belum adanya sistem drainase kota yang terencana secara rinci dan menyeluruh.
- Adanya gejala penurunan muka tanah (*land subsidence*) serta naiknya muka air laut rata-rata sebagai akibat efek pemanasan global. sehingga menimbulkan gangguan terhadap sistem drainase makro.
- Adanya berbagai permasalahan yang dihadapi institusi pemerintah dalam penanganan banjir dan pengelolaan drainase, diantaranya permasalahan sosial dan finansial, masalah koordinasi, masalah integrasi perencanaan, sinkronisasi pengelolaan, dan pengendalian perkembangan berbagai kawasan.  
Banjir yang terjadi di Semarang menyebabkan banyak kerugian dibidang ekonomi maupun sosial kemasyarakatan, sehingga diperlukan metode penanggulangan yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Permasalahan yang menjadi penyebab utama terjadinya banjir di Semarang yaitu :
  - Besarnya konsentrasi penduduk yang menghuni Kota Semarang khususnya daerah pantai.

- Belum terciptanya keterkaitan fungsional antara kawasan hulu dan hilir.
- Sistem drainase kota Semarang yang hanya bisa mengalirkan sebagian debit dari hulu, menyebabkan terjadinya genangan banjir di kota Semarang.
- ROB (genangan akibat kenaikan muka air laut yang terjadi setiap hari, saat pasang naik) dan land subsidence yang menyebabkan terjadinya genangan, selain itu curah hujan lokal yang tidak dapat dialirkan oleh saluran drainase juga menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir

Dengan permasalahan yang sangat kompleks maka diperlukan penanganan terpadu yang dimulai dari kawasan hulu, kawasan perkotaan, dan kawasan hilir. Konsep dasar yang akan digunakan yaitu dengan menahan air selama mungkin di daerah hulu dan mencegah masuknya air ROB ke daerah perkotaan, sehingga diharapkan saluran drainase dan sistem pompa yang ada dapat mengalirkan curah hujan lokal yang terjadi di daerah perkotaan ke laut.

Kegiatan ini dilakukan untuk mengkaji efektifitas dari embung-embung yang direncanakan, serta untuk mendesain konsep embung yang paling sesuai dengan kondisi tata guna lahan lokasi perencanaan embung di masing-masing DAS, sehingga dalam perencanaan desain embung dapat memberikan manfaat yang maksimal selain sebagai sarana untuk mereduksi debit banjir yang masuk ke kota Semarang. Selain itu kegiatan ini diharapkan mampu untuk memperkirakan kemampuan dari embung yang direncanakan dalam mereduksi aliran debit banjir dari hulu yang masuk ke sistem drainase kota Semarang, serta mendapatkan konsep desain embung yang sesuai dengan kondisi karakteristik dari masing-masing lokasi embung sehingga potensi dari embung dapat dimanfaatkan secara maksimal.

## TINJAUAN PUSTAKA

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi (Chow, 1964). Siklus Hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi/penguapan kemudian terjadi kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju dan atau hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Pada mula tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air run off dan sebagian infiltrasi/meresap kedalam lapisan tanah. Besarnya run off dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah. Air run off mengalir ke permukaan air laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, menambah tinggi muka air tanah, kemudian juga merembes di dalam tanah ke arah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai di laut, danau, sungai.

Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan Kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan. Jumlah air yang jatuh di permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat penakar hujan. Distribusi hujan dalam ruang dapat diketahui dengan mengukur hujan di beberapa lokasi pada daerah yang ditinjau, sedang distribusi waktu dapat diketahui dengan mengukur hujan sepanjang waktu. Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik diatas maupun dibawah permukaan tanah. Jumlah dan variasi debit sungai tergantung pada jumlah, intensitas dan distribusi hujan. Terdapat hubungan antara debit sungai dan curah hujan yang jatuh di DAS yang bersangkutan. Apabila data pencatatan debit tidak ada, data pencatatan hujan dapat digunakan untuk memperkirakan debit aliran. (Triatmodjo, 2009)

Suatu embung penampung atau embung konservasi dapat menahan kelebihan air pada masa-masa aliran air tinggi maupun rendah untuk digunakan pada waktu dibutuhkan. Berapapun u-

kurun suatu Embung atau apapun tujuan akhir dari pemanfaatan airnya, fungsi utama dari suatu Embung adalah untuk menstabilkan aliran air, baik dengan cara pengaturan persediaan air yang berubah-ubah pada suatu sungai alamiah, maupun dengan cara memenuhi kebutuhan yang berubah-ubah dari para konsumen (Linsley dkk.,1985).

Penelusuran aliran adalah prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui disebelah hulu. Apabila aliran tersebut adalah banjir maka prosedur tersebut dikenal dengan penelusuran banjir. Penelusuran aliran ini banyak dilakukan dalam studi pengendalian banjir, dimana perlu dilakukan analisis perjalanannya/penelusuran banjir disepanjang sungai atau disuatu embung. Dengan penelusuran banjir ini, apabila hidrograf dibagian hulu sungai atau Embung diketahui maka akan dapat dihitung bentuk hidrograf banjir dibagian hilirnya. Ada dua macam penelusuran aliran yaitu penelusuran hidrologis dan penelusuran hidraulis. Pada penelusuran hidrologis dicari hidrograf debit di suatu titik di hilir berdasarkan hidrograf di hulu. Penelusuran hidraulis dapat berupa penelusuran Embung dan penelusuran sungai. Pada penelusuran hidraulis dicari hidrograf debit di beberapa titik di sepanjang aliran. (Triatmodjo, 2009)

Wibowo (2004) dalam penelitiannya yang berjudul "Perbandingan Beberapa Metode Routing Banjir di Embung", menyusun penelitian ini dengan pertimbangan perlunya diadakan kajian ulang untuk mengevaluasi keamanan Embung Sermo dari banjir yang datang, dengan metode routing banjir di Embung, mengingat pentingnya fungsi Embung Sermo untuk melayani kebutuhan manusia. Penelitian ini disusun dengan tujuan untuk tinjauan ulang keamanan Embung Sermo dari banjir rancangan yang terjadi. Data yang digunakan adalah data sekunder, berupa data hujan rencana 50 tahun dan karakteristik Embung Sermo. Sedangkan pada analisis routing banjir untuk evaluasi keamanan embung dari banjir rencana menggunakan metode Pulls Grafical, Newton Raphson dan Runge Kutta Orde 3. Secara umum hasil routing memberikan hasil yang hampir sama dengan sedikit penyimpangan dari beberapa metode tersebut. Berdasarkan metode cara analisisnya metode Runge Kutta memberikan hasil yang teliti, disusul metode Newton Raphson dan Level Pool serta Pulls Grafical. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini antara lain: Secara teoritis keempat metode routing banjir dapat diterapkan dilapangan, perbedaan redaman banjir berkisar 4 % dari keempat metode routing banjir.

Mengacu pada konsep "one watershed one plan - one management" (RTRW, 2004), berdasarkan pengertian ini maka wilayah drainase Kota Semarang dibagi menjadi 4 sistem drainase, yang terbagi menjadi 18 sub sistem yaitu (lihat Gambar 1):

1. Sistem Drainase Mangkang, terdiri dari 2 sub-sistem:
  - Sub-sistem Kali Mangkang
  - Sub-sistem Kali Bringin
2. Sistem Drainase Semarang Barat, terdiri dari 4 sub-sistem:
  - Sub-sistem Kali Tugurejo
  - Sub-sistem Kali Sianger
  - Sub-sistem Kali Silandak
  - Sub-sistem Bandara A. Yani
3. Sistem Drainase Semarang Tengah, terdiri dari 8 sub-sistem:
  - Sub-sistem BKB
  - Sub Sistem Kali Baru
  - Sub-sistem Kali Bulu
  - Sub-sistem Kali Bandarharjo
  - Sub-sistem Kali Asin
  - Sub-sistem Simpang Lima
  - Sub-sistem Kali Semarang
  - Sub Sistem Kali Banger
4. Sistem Drainase Semarang Timur, terdiri dari 4 sub-sistem:
  - Sub Sistem Kali BKT
  - Sub Sistem Kali Sringin
  - Sub Sistem Kali Tenggang
  - Sub Sistem Kali Babon

Jaya (2002), dalam tugas akhirnya yang berjudul Analisis Routing Banjir Embung Mrica Banjarnegara, menyusun tugas akhir ini dengan pertimbangan pentingnya keberadaan Embung Mrica sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA PB. Soedirman atau PLTA Mrica oleh PLN Pembangkit dan Penyaluran Jawa bagian barat sektor Mrica. Maka perlu diketahui berapa debit masukan dan berapa debit keluaran maksimal yang terbuang

lewat pelimpah. Untuk itu perlu adanya analisa muka air dan debit pengeluaran banjir. Tujuan penelitian ini dilakukan antara lain adalah untuk menentukan elevasi muka air banjir pada Embung Mrica, yang kedua untuk mengetahui apakah elevasi puncak bendungan yang ada masih cukup aman terhadap limpahan banjir, yang ketiga untuk mengetahui besarnya debit keluaran yang terbangun percuma, dan yang keempat untuk mengatasi agar memperoleh tampungan air yang lebih besar dari sebelumnya dan agar pengeluaran air lebih hemat.

**LANDASAN TEORI**

**Fungsi dan Karakteristik Embung**

Prinsip dari embung adalah menampung air saat debit air tinggi untuk digunakan saat debit air rendah. Hal ini berarti bahwa embung mempunyai tugas membuat modifikasi dari distribusi air menurut sistem alam menjadi distribusi buatan. Karakteristik fisik dari sebuah embung antara lain, volume hidup (*active storage*), volume mati (*dead storage*), tinggi muka air minimum, tinggi mercu pelimpah, dan tinggi muka air maksimum

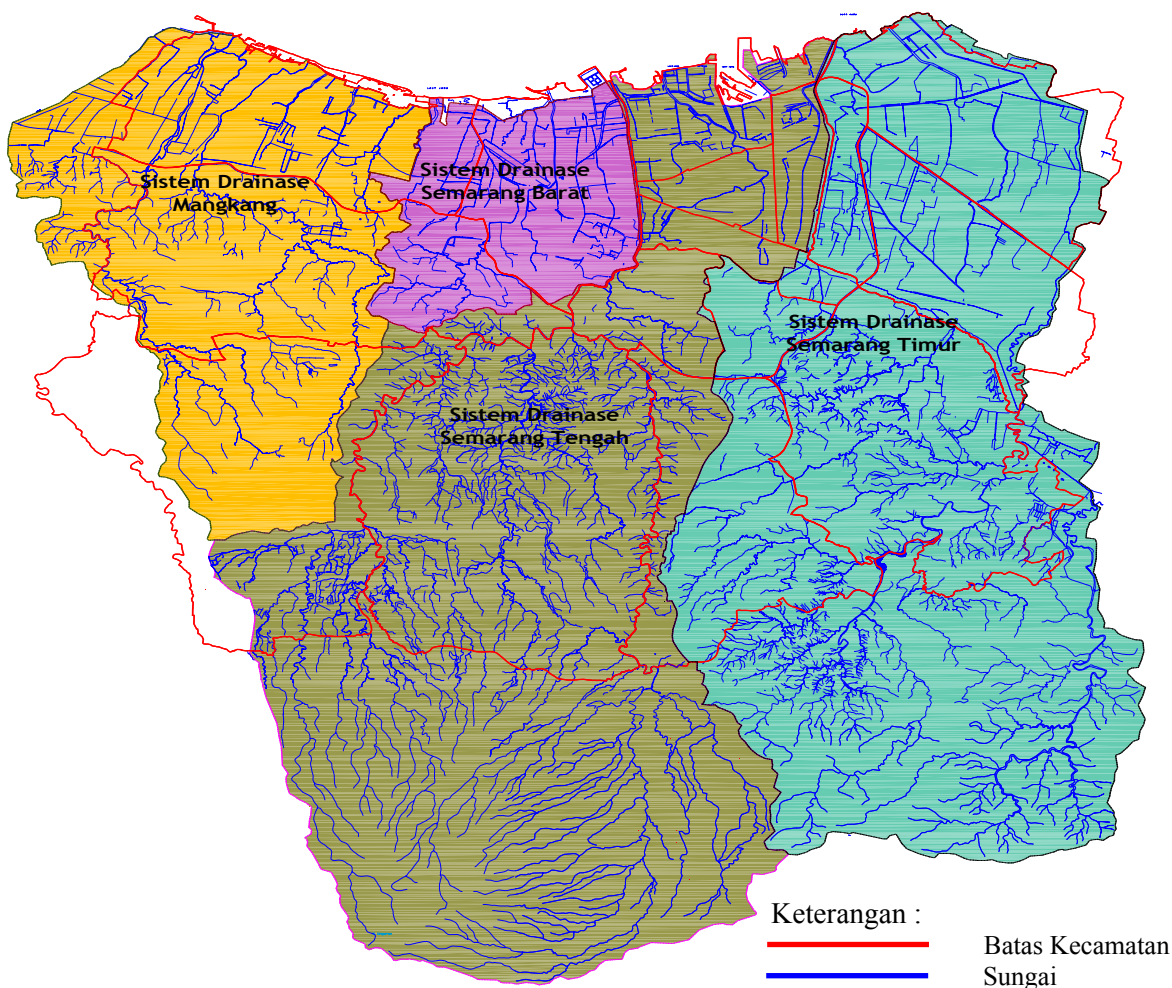
berdasarkan debit rencana. Volume embung pada umumnya dibagi menjadi dua zona, volume mati dan volume hidup. Besarnya volume total embung dapat ditentukan dengan pengukuran luasan areal embung pada peta topografi yang merupakan garis-garis kontur dengan bantuan alat planimeter sehingga akan diketahui luasan setiap beda ketinggian antara dua kontur pada elevasi tertentu, (Soedibyo, 1993). Volume embung pada masing-masing elevasi dapat dicari dengan pendekatan:

$$V = \frac{1}{3} n [L_a + L_b + \sqrt{(L_a \times L_b)}] \tag{1}$$

dengan :

- V = volume embung (m<sup>3</sup>)
- n = beda tinggi elevasi (m)
- L<sub>a</sub> = luas kontur atas (m<sup>2</sup>)
- L<sub>b</sub> = luas kontur bawah (m<sup>2</sup>)

Luas dan volume setiap elevasi tertentu dapat ditentukan, untuk mempermudah perlu dibuat grafik persamaan karakteristik embung yang menggambarkan hubungan antara elevasi, luas dan volume embung.



Gambar 1. Pembagian Wilayah Sistem Drainase Kota Semarang

**Hujan Rata-Rata Pada Suatu Daerah**

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata yang terkait bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan data satuan mm. Cara perhitungan. Curah hujan daerah dan pengaruh curah hujan di beberapa titik

dapat dihitung dengan Metode Poligon Thiessen. Metode Thiessen memberikan hasil yang lebih teliti dari pada cara aljabar rata-rata. Kelemahan metode ini adalah penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat. Demikian pula apabila ada salah satu stasiun tidak berfungsi, misalnya rusak atau data tidak benar, maka poligon harus diubah (Soemarto, 1986).

## Pengisian Data Hujan Yang Hilang

Data hujan yang hilang dicari dengan menggunakan reciprocal method. (Harto, 1993). Metode reciprocal pada prinsipnya adalah besarnya suplai data dari stasiun pengisi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak stasiun pengisi dengan yang diisi. Jumlah stasiun pengisi minimal 3.

## Uji Konsistensi

Perubahan lokasi stasiun hujan atau perubahan prosedur pengukuran dapat memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah hujan yang terukur, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kesalahan. Konsistensi dari pencatatan hujan diperiksa dengan metode kurva massa ganda (*double mass curve*). Metode ini membandingkan hujan tahunan kumulatif di stasiun hujan y terhadap stasiun referensi x. Stasiun referensi biasanya adalah nilai rerata dari beberapa stasiun didekatnya. Nilai kumulatif tersebut digambarkan pada sistem koordinat kartesian x-y, dan kurva yang terbentuk diperiksa untuk melihat perubahan kemiringan (*trend*). Apabila garis yang terbentuk lurus berarti pencatatan di stasiun y adalah konsisten. Apabila kemiringan kurva patah/berubah, berarti pencatatan di stasiun y tak konsisten dan perlu dikoreksi. Koreksi dilakukan dengan mengalikan data setelah kurva berubah dengan perbandingan kemiringan setelah dan sebelum kurva patah. Cara lain yang digunakan pada analisa ini adalah dengan metode RAPS (*Rescaled Adjust-ed Partial Sums*), data dikatakan panggah atau konsisten jika dari hasil analisis data hujan diketahui bahwa nilai  $Q_{maks} < Q$ . dari tabel  $Q/\sqrt{n}$  untuk uji konsistensi data hujan sehingga data hujan tersebut dapat digunakan untuk analisis selanjutnya (Harto, 1993).

## Analisa Frekuensi

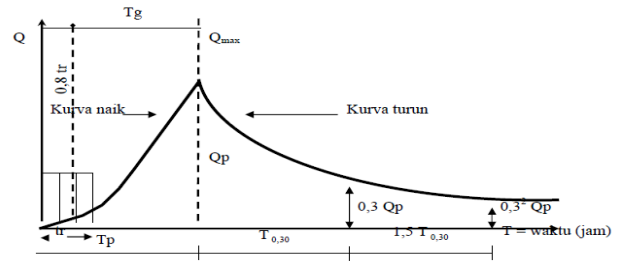
Dalam penentuan distribusi frekuensi ada beberapa persyaratan yang perlu dipenuhi, yaitu mengenai nilai parameter-parameter statistiknya. Parameter tersebut antara lain: koefisien variasi, koefisien asimetri (*skewness*) dan koefisien kurtosis. Analisis frekuensi harus dilakukan secara bertahap dan sesuai dengan urutan kerja yang telah ada karena hasil dari masing-masing perhitungan tergantung dan saling mempengaruhi terhadap hasil perhitungan sebelumnya.

## Analisa Hujan Rancangan

Perhitungan hujan rancangan dapat dikerjakan dengan berbagai metode distribusi, yaitu metode normal, log normal, Gumbel, maupun log Pearson Type III (Soemarto, 1986). Hal ini tergantung dari hasil perhitungan analisa frekuensi. Pada analisis ini menggunakan Distribusi Log Pearson Type III. Untuk menghitung banjir perencanaan dalam praktek, *The Hydrology Committee of The Water Resources Council USA*, menganjurkan pertama kali mentransformasi data ke nilai-nilai logaritmanya, kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya, karena informasi tersebut, maka cara ini disebut Log Pearson Type III.

## Banjir Rancangan

Perhitungan Debit Banjir Menggunakan Hidrograf Satuan, dalam penelitian ini digunakan cara hidrograf satuan dengan pertimbangan bahwa cara ini adalah cara yang paling dipercaya dan hasilnya berupa grafik hidrograf yang dapat dipakai sebagai debit masukan (*inflow*) pada analisis penelusuran banjir. Pada sungai-sungai yang tidak ada atau sedikit sekali dilakukan observasi hidrograf banjirnya, maka perlu ditentukan karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut terlebih dahulu, misalnya waktu untuk mencapai puncak hidrograf, lebar dasar, luas DAS, kemiringan dasar sungai, panjang alur terpanjang (*Length of the longest channel*) Koefisien pengaliran (*run of coefficient*) dan sebagainya. korelasi tersebut biasanya digunakan hidrograf-hidrograf sintetik yang telah dikembangkan di negara lain seperti Metode Nakayasu, Metode Snyder Alexejev, Metode Gama I, dan lain sebagainya (Harto, 1993).



Gambar 2. Sketsa Hidrograf Nakayasu

## Penelusuran Banjir Pada Embung

Embung dengan debit sebagai fungsi dari elevasi permukaan air, memberikan sarana penelusuran yang paling sederhana dari semua keadaan penelusuran. Embung semacam ini mungkin mempunyai saluran air tanpa pintu dan atau saluran pelimpah tanpa pengontrol. Embung yang mempunyai saluran air atau saluran pelimpah dapat diperlakukan sebagai embung sederhana pintunya tetap pada bukaan tertentu. Data yang diketahui pada embung tersebut adalah kurva simpanan elevasi dari kurva debit elevasi air.

Penelusuran Embung Metode Pulls Grapichal, pada analisa ini diperlukan data dan informasi, yaitu :

- Hidrograf debit masukan (*inflow hydrograph*) =  $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ . Hal ini bisa diperoleh dari data catatan pengukuran debit otomatis atau dengan cara analisa hidrograf banjir rancangan.
- Hubungan antara elevasi permukaan air embung (*reservoir stage*) dan kapasitas debit keluaran (*discharge capacity*), bisa dalam bentuk grafik maupun tabel.
- Hubungan antara elevasi permukaan air embung dan kapasitas tampung (*reservoir storage capacity*), bisa dalam bentuk grafik maupun tabel.
- Keadaan tampung awal (elevasi muka air mula-mula), debit mula-mula, tampungan mula-mula. Penelusuran banjir diawali dengan asumsi dari kontinuitas seluruh sistem air.

## METODE PENELITIAN

Adapun langkah-langkah penelitian meliputi:

- Mengkaji penelitian sebelumnya tentang permasalahan banjir perkotaan di Semarang serta metode dan alternatif penanganannya.
- Pengumpulan data topografi dan penentuan lokasi embung dari penelitian tahun 2008.
- Survey lapangan untuk mengetahui kondisi morfologi dari masing-masing sungai. Survey lapangan lokasi embung yang direncanakan untuk mengetahui tata guna lahan, terkait dengan kemungkinan untuk di realisasikannya pembangunan serta kemungkinan untuk memaksimalkan fungsi embung yang tidak hanya digunakan sebagai pereduksi banjir.
- Perencanaan Embung terdiri dari:
  - Hidrologi: Pengisian data hujan yang kosong, uji konsistensi, analisa hujan rerata, curah hujan rancangan, dan penelusuran banjir.
  - Desain embung berdasarkan manajemen SDA: Fungsi embung selain peredam banjir untuk, PLTA, kebutuhan air baku, kebutuhan irigasi, kebutuhan air minum, Industri dan sebagainya sehingga konsep perencanaan akan menyesuaikan dengan fungsi bangunan.
  - Pola Operasi: Simulasi pola operasi tampungan embung untuk mengetahui ketersediaan air tahunan pada embung sehingga didapatkan pola operasi sesuai dengan fungsi embung.

- Perencanaan hidraulik bangunan : Profil aliran spillway dan profil aliran pada saluran dengan menggunakan permodelan.
- Perencanaan konstruksi embung : Perhitungan beban dan stabilitas bangunan, mekanika tanah, dan struktur penyusun embung berdasarkan lokasi embung dan fungsi embung.

- Terdapat perencanaan 37 buah embung yang tersebar di daerah hulu kota Semarang dengan lokasi, desain, luas genangan dan volume tampungan maksimal seperti dalam Tabel 1 dan Gambar 6.
- Dengan melakukan penelusuran debit banjir, masing-masing embung dapat memotong puncak debit banjir pada titik lokasi dimana embung-embung itu direncanakan, seperti yang tergambar Tabel 2 dan hidrograph beberapa embung sesuai Gambar 3, 4 dan 5, memperlihatkan hydrograph beberapa embung yang mempunyai kemampuan reduksi tinggi.

## KEMAMPUAN EMBUNG DALAM MEREDUKSI ALIRAN PERMUKAAN

Perkiraan kemampuan mereduksi embung di Semarang berdasarkan pada data peta rencana lokasi embung, data peta catchment area / DAS, data peta topografi, dan data peta stasiun hujan dengan menggunakan hasil analisis tahun 2008 dan 2009:

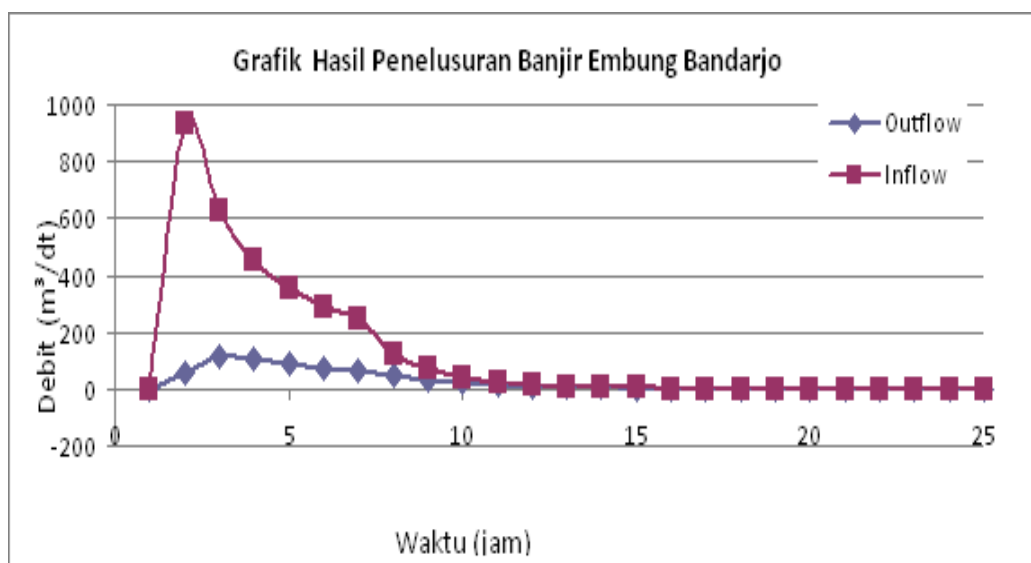
Tabel 1. Analisis elevasi, luas, volume tampungan dan luas DAS embung

No	Nama embung	Nama sungai	DAS	Kecamatan	Elevasi (m)	Luas total (m <sup>2</sup> )	Volume tampungan (m <sup>3</sup> )	Luas DAS embung (km <sup>2</sup> )	Panjang spillway (m)
1	Wonosari	K. Bringin	K. Bringin	Ngalian	+ 18,00	277.396	332.143	1.309.571	6,00
2	Bedan Ngisor	K. Kembang	K. Garang	Gajah Mungkur	+ 30,00	315.068	8.986	26.208	1,00
3	Tinjomono	K. Garang	K. Garang	Banyunanik	+ 55,00	111.188	242.387	887.295	3,00
4	Purwoyoso	K. Silandak	K. Silandak	Tugu	+ 29,00	140.572	33.389	101.011	4,00
5	Mangun Harjo	K. Jetak	BKT	Tembalang	+ 52,00	107.882	27.594	45.230	2,00
6	Bulusan	K. Seketak	K. Duren	Tembalang	+ 57,00	65.770	37.531	151.758	2,00
7	Sambiroto 1	K. Sambiroto	BKT	Tembalang	+ 42,50	1.094.544	141.135	520.234	3,00
8	Banban-kerep	K. Silandak	K. Silandak	Ngalian	+ 34,00	23.758	23.757	109.626	2,00
9	Tambakkaji	K. Gondang	K. Bringin	Ngalian	+ 45,00	26.623	26.623	141.978	3,00
10	Bringin	K. Gondang	K. Bringin	Ngalian	+ 70,00	73.161	73.160	399.522	4,00
11	Salakan	K. Ketokan	K. Pengkol	Smg Selatan	+ 83,00	591.601	30.446	170.603	2,00
12	Sadeng	K. Kreo	K. Kreo	Mijen	+ 66,50	1.356.639	314.409	94.492	4,00
13	Kripik	K. Gontok	K. Gribig	Mijen	+ 44,50	2.301.748	3.260.830	216.473	14,00
14	Jangli	K. Kd Adem	K. Sambiroto	Smg Utara	+ 80,00	359.456	12.875	36.596	2,00
15	Tegal Miring	K. Pengkol	K. Pengkol	Ungaran	+ 83,00	67.635	24.124	157.114	2,00
16	Kalikayen	K. Pengkol	K. Pengkol	Ungaran	+ 95,50	59.636	24.885	79.134	2,00
17	Jlampang	K. Blorong	K. Blorong	Mijen	+ 80,00	443.700	215.171	669.124	4,00
18	Watu Pawon	K. Dolak	K. Dolak	Ungaran	+ 64,50	2.406.317	180.588	1.742.750	10,00
19	Jati Sari	K. Garang	K. Garang	Mijen	+ 109,00	546.130	33.277	179.364	1,00
20	Pedang Sari	K. Ketokan	K. Ketokan	Banyumanik	+ 114,50	18.080	4.763	8.059	10,00
21	Desel	K. Demangan	K. Bringin	Ngalian	+ 97,00	61.127	61.126	293.164	4,00
22	Bend Jatibarang	K. Kreo	K. Kreo	Mijen	+ 108,00	974.055	75.524	8.360	1,50
23	GunungPati	K. Kripik	K. Kripik	Mujen	+ 122,00	90.478	50.829	9.359	1,50
24	Waduk Undip	K. Seketak	K. Seketak	Tembalang	+ 175,00	29.500	54.198	494.407	3,00
25	Gendawang	K. Ketokan	K. Ketokan	Banyumanik	+ 190,50	53.060	30.958	67.946	2,00
26	Kadung Pane	K. Demangan	K. Demangan	Mijen	+ 194,00	37.641	27.326	60.197	3,00
27	BendMundingan	K. Kranji	K. Kreo	Mijen	+ 204,00	1.183.000	1.980.525	583.574	14,00
28	Kandangan	K. Blorong	K. Blorong	Boja	+ 182,00	470.400	67.794	371.903	4,00
29	Sumber Mulyo	K. Dongkel	K. Blorong	Mijen	+ 220,00	224.200	177.336	961.061	5,00
30	Kebon Dalem	K. Kd Dowo	K. Kedungdowo	Mijen	+ 308,00	59.000	617.505	127.195	12,00
31	Bend Garang	K. Garang	K. Garang	Mijen	+ 205,00	640.073	65.060	247.057	5,00
32	Kambangan	K. Dolak	K. Dolak	Klepu	+ 303,00	180.019	61.573	136.139	3,00
33	Bandarjo	K. Garang	K. Garang	Ungaran	+ 295,50	136.288	124.371	553.897	5,00
34	Karang Dampya	K. Gontok	K. Garang	Mijen	+ 308,00	77.058	275.736	1.804.687	3,00
35	Lebari	K. Lengko	K. Lengko	Limbangan	+ 532,00	231.037	75.476	408.272	5,00
36	Mruntul Kulon	K. Gung	K. Kedungdowo	Ungaran	+ 592,00	116.000	917.363	290.947	5,00
37	Sambiroto	K. Jetak	K. Jetak	Tembalang	+ 52,00	57.409	57.409	106.366	2,00

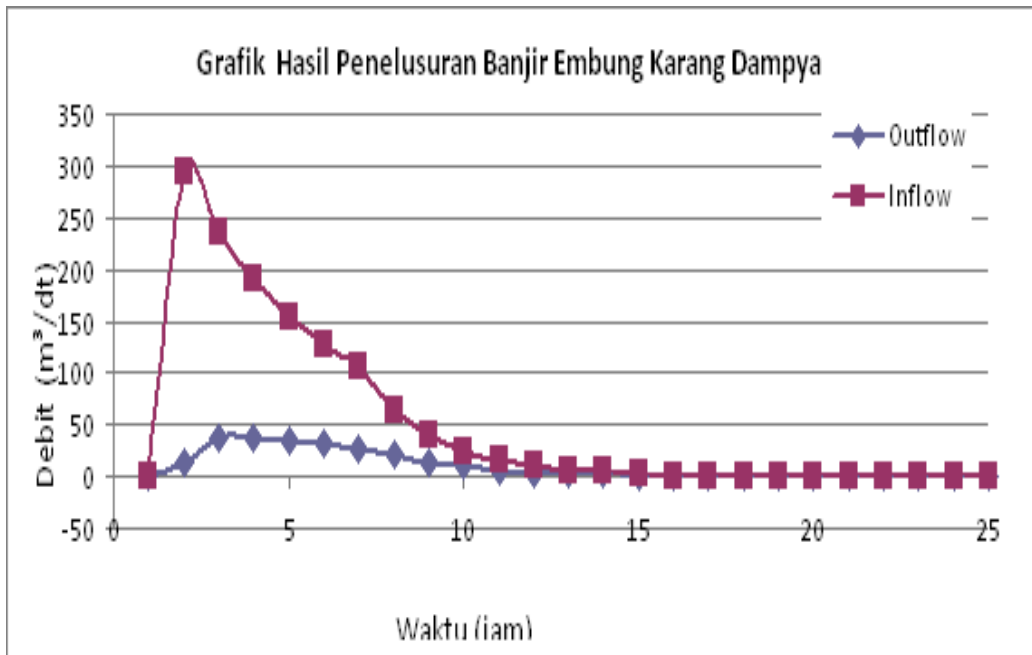


Tabel 2. Kemampuan embung dalam meredam debit banjir pada titik lokasi perencanaan embung

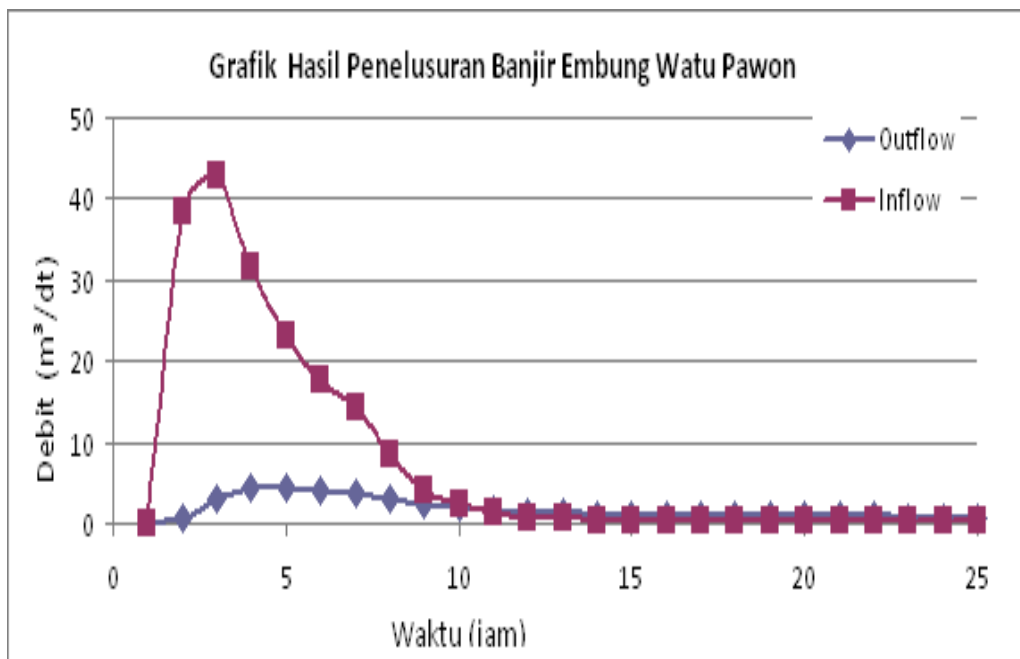
No.	Nama embung	Elevasi puncak	Elevasi spillway	Tinggi spillway (m)	Panjang spillway (m)	Selisih I-O			
						I max (m <sup>3</sup> /dt)	O max (m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)	%
1	Wonosari	+ 23,00	+ 18,00	5,50	6,00	111,00	26,50	84,50	76,1
2	Bedan Ngisor	+ 35,00	+ 30,00	5,00	1,00	42,30	25,50	16,70	39,6
3	Tinjomono	+ 58,00	+ 55,00	5,00	3,00	105,30	17,80	87,50	83,1
4	Purwoyoso	+ 34,00	+ 29,00	4,00	4,00	28,00	14,80	13,20	47,1
5	Mangun Harjo	+ 54,00	+ 52,00	2,00	2,00	6,00	1,90	4,10	68,5
6	Bulusan	+61,00	+ 57,00	7,00	2,00	59,20	31,90	27,30	46,1
7	Sambiroto 1	+ 45,50	+ 42,50	5,00	3,00	61,80	15,70	46,10	74,6
8	Banbankerep	+ 39,00	+ 34,00	9,00	2,00	55,50	33,20	22,40	40,3
9	Tambakkaji	+ 50,00	+ 45,00	7,50	3,00	105,60	61,10	44,50	42,1
10	Bringin	+ 75,00	+ 70,00	7,50	4,00	98,30	49,10	49,20	50,0
11	Salakan	+ 86,00	+ 83,00	8,00	2,00	39,20	24,50	14,70	37,5
12	Sadeng	+ 69,50	+ 66,50	4,00	4,00	105,20	56,80	48,40	46,0
13	Kripik	+ 47,50	+ 44,50	7,00	14,00	221,50	57,50	164,00	74,0
14	Jangli	+ 84,00	+ 80,00	5,00	2,00	52,40	40,30	12,10	23,2
15	Tegal Miring	+ 86,00	+ 83,00	8,00	2,00	29,50	13,10	16,50	55,8
16	Kalikayen	+ 98,50	+ 95,50	8,00	2,00	27,20	14,80	12,40	45,5
17	Jlampang	+ 85,00	+ 80,00	5,00	4,00	154,80	44,70	110,10	71,2
18	Watu Pawon	+ 66,50	+ 64,50	2,00	10,00	43,00	4,40	38,60	89,7
19	Jati Sari	+ 115,00	+ 109,00	9,00	1,00	74,50	32,70	41,80	56,1
20	Pedang Sari	+ 116,50	+ 114,50	2,00	10,00	56,60	6,00	50,60	89,5
21	Desel	+ 102,00	+ 97,00	9,50	4,00	52,00	25,80	26,20	50,4
22	Bendungan Jatibarang	+ 114,00	+ 108,00	8,00	1,50	109,60	60,90	48,70	44,4
23	GunungPati	+ 129,00	+ 122,00	9,50	1,50	115,70	81,70	34,00	29,4
24	Waduk Undip	+ 181,00	+ 175,00	25,00	3,00	100,00	48,50	51,50	51,5
25	Gendawang	+ 193,50	+ 190,50	3,00	2,00	41,40	21,70	19,80	47,7
26	Kadung Pane	+ 199,00	+ 194,00	6,50	3,00	52,30	28,60	23,70	45,3
27	Bendungan Mundingan	+ 207,00	+ 204,00	4,00	14,00	250,60	62,00	188,60	75,3
28	Kandangan	+ 187,00	+ 182,00	7,00	4,00	139,40	85,30	54,10	38,8
29	Sumber Mulyo	+ 225,00	+ 220,00	7,50	5,00	289,60	121,90	167,80	57,9
30	Kebon Dalem	+ 311,00	+ 308,00	8,00	12,00	36,50	9,60	26,90	73,6
31	Bendungan Garang	+ 208,00	+ 205,00	5,00	5,00	128,30	49,90	78,40	61,1
32	Kambangan	+ 305,00	+ 303,00	3,00	3,00	34,30	13,10	21,30	61,9
33	Bandarjo	+ 300,50	+ 295,50	8,00	5,00	933,40	112,80	820,60	87,9
34	Karang Dampya	+ 312,00	+ 308,00	8,00	3,00	294,30	38,10	256,20	87,0
35	Lebari	+ 537,00	+ 532,00	7,00	5,00	115,30	67,20	48,10	41,7
36	Mruntul Kulon	+ 594,00	+ 592,00	4,50	5,00	37,50	6,40	31,10	82,8
37	Sambiroto	+ 54,00	+ 52,00	2,00	2,00	69,30	20,60	48,70	70,3



Gambar 3. Hydrograph kemampuan Embung Bandarjo dalam meredam debit banjir



Gambar 4. Hydrograph kemampuan Embung Karang Dampya dalam meredam debit banjir



Gambar 5. Hydrograph kemampuan Embung Watu Pawon dalam meredam debit banjir





- Jaya, D. D. (2002). "Analisis Routing Banjir Embung Mrica Banjarnegara". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Linsley, R.K., Franzini, J.B., Sasongko, D. (1985). *Teknik Sumber Daya Air*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Soedibyo (1993). *Teknik Bendungan*. Pen. Pradya Paramitra, Jakarta.
- Soemarto, C. D. (1986). *Hidrologi Teknik*. Erlangga, Jakarta.
- Triatmodjo, B. (2009). *Hidrologi Terapan*. Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- Wibowo, G. J. (2004). *Perbandingan Beberapa Metode Routing Banjir di Waduk*. Laporan Penelitian, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.