

EVALUASI RETENSI BANJIR DENGAN BAK PENAMPUNG SEMENTARA DI DAERAH PERKOTAAN (STUDI KASUS KOTA JAKARTA)

Jhonson Andar Harianja¹⁾, Jernih, D.H²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

e-mail : harianja_andar@yahoo.com

²⁾Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

ABSTRACT

The flood is a condition when the water is not accomodated in the discharge channel or inhibition of water flow in the exhaust duct to inundate the surrounding area. The residential land and the city office in Jakarta to grow from year by year. The process of land use can changes over time will make the strainght surface runoff increase due to land even an insignificant water can not infiltrate. With the result that make Jakarta the rainfall has made the most flooded area.

The watershed characteristic that flow into Jakarta has a Curve Number value between 73 – 100. This outcome indicate that the watershed in Jakarta are too fast classified watershed produces runoff whwn it rains. The important percentage runoff is the area with Curve Number 100. The Curve Number total area 90 – 100 is 77 % total area of Jakarta. To looking at the above facts appear find a thought for an alternative solution that could reduce flooding by using a rain water tank while the hole at the bottom of a certain size in the estimate will be able to provide information such as the connection between the diameter (ϕ) bottom hole with the damping value, which is a comparative value between the discharge into the tub (input) and discharge out of the tub (output).

The simulation while the planned tank with a height $H = 2,2$ m, cross sectional area over a tank, $A_{\text{tank}} = 1,77$ m², and the cross sectional area below the hole, $a = 40$ mm. Assuming each house in the Jakarta area using temporary tank, capable of reducing the discharge that occurs in a total area of roof, $A_{\text{roof}} = 1160070,4$ m² for $Q_2 = 2.898.316,8$ m³ of total discharge (Q) that goes for $Q_1 = 6815642,4$ m³.

Keywords : flood, reduce, runoff

I. PENDAHULUAN

Hujan deras yang terjadi di kota Jakarta dapat dengan cepat menyebabkan banjir walau DAS pada kota tersebut secara keseluruhan belum tentu turut mengalami hujan. Probabilitas kejadian semacam ini menunjukkan bahwa banjir hanya disebabkan oleh hujan yang jatuh langsung di wilayah tersebut. Banjir seperti ini sering terjadi di kota-kota yang

terletak di dataran rendah yang relatif landai dan berpenduduk padat. Banyak upaya telah dilakukan untuk mengatasi banjir khususnya di daerah Jakarta, seperti membuat waduk-waduk tampungan, rumah-rumah pompa, banjir kanal, normalisasi sungai, dan pembuatan sumur-sumur resapan.

Upaya tersebut di atas tentu dapat mereduksi besaran debit banjir yang terjadi tetapi sering timbul permasalahan yang menyangkut biaya operasional dan perawatan serta permasalahan sampah yang justru mengisi waduk-waduk yang ada sehingga waduk mengalami pendangkalan. Tindakan proaktif pemerintah dan seluruh masyarakat sangat dibutuhkan untuk menurunkan debit banjir dan meminimalisasi resiko yang harus ditanggung akibat banjir di Jakarta. Salah satu alternatif adalah mengajak seluruh masyarakat Jakarta turut berpartisipasi dalam bentuk membuat bak penampungan air hujan yang jatuh langsung di daerah Jakarta.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Banjir dan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Banjir adalah suatu kondisi tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang sehingga meluap menggenangi daerah sekitarnya (Suripin, 2003).

Secara umum faktor penyebab terjadinya banjir dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu :

- a. Banjir yang disebabkan oleh faktor alam.
- b. Banjir yang disebabkan oleh tindakan manusia.

Terkait dengan daerah yang mengalami banjir, Grigg (1996) mengusulkan tiga strategi dasar untuk pengelolaan, yaitu modifikasi kerentanan dan kerugian banjir (penentuan zona atau pengaturan tataguna lahan), modifikasi banjir yang terjadi (pengurangan) dengan bantuan pengontrol (waduk) atau normalisasi sungai dan pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya.

Daerah Aliran Sungai (*catchment, basin, watershed*) adalah suatu wilayah yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung / bukit yang menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan ke dalam sungai utama dan menyalurkannya ke laut. Wilayah daratan dalam DAS disebut Daerah Tangkapan Air (DTA atau *Catchment*

Area). Dengan demikian batas DAS ditetapkan berdasar topografi yang ditunjukkan oleh aliran permukaan.

Peta topografi memuat keterangan tentang suatu wilayah tertentu seperti jalan, kota, desa, sungai, jenis tutupan lahan, tataguna lahan, lengkap dengan garis-garis kontur. Titik-titik tertinggi di sekeliling sungai utama (*main stream*) ditetapkan, kemudian titik yang satu dengan yang lainnya dihubungkan dengan garis sehingga membentuk garis utuh yang ujung pangkalnya bertemu di satu titik. Garis tersebut adalah batas DAS di titik kontrol yang bersangkutan.

Bagian hujan yang jatuh di permukaan tanah terpisah menjadi 2 bagian, yaitu bagian yang mengalir di permukaan (*overland flow*) dan selanjutnya menjadi limpasan permukaan (*surface run-off*) dan bagian yang meresap ke dalam tanah (*infiltration*). Sesuai dengan struktur geologinya, air yang mengalami infiltrasi sebagian dapat mengalir horizontal yang disebut aliran antara (*interflow, sub-surface flow*) dan sebagian lagi tersimpan dalam massa tanah sebagai *soil moisture content* dan sisanya mengalir vertikal (*percolation*) dan mencapai akuifer (*groundwater storage*). Aliran mendatar (*interflow*) dan aliran vertikal (*percolation*) yang selanjutnya mengalir sebagai aliran air tanah dan dapat mencapai sungai/laut.

2.2. Metode Rasional

Metode ini dipandang sebagai metode tertua untuk perkiraan limpasan yang dikemukakan oleh Mulvaney (1851) tetapi masih sangat populer karena kesederhanaannya. Metode rasional mengandaikan bahwa kehilangan air merupakan persentase tetap dari hujan yang bersangkutan. Untuk mempelajari respon DAS oleh adanya masukan hujan dalam bentuk serial waktu, metode unit hidrograf dapat digunakan sebagai rujukan. Metode rasional bertujuan untuk memperkirakan debit puncak dengan persamaan dalam system metrics :

$$Q = 0,278 C I A \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan Q = debit puncak (m^3/det), A = luas DAS (km^2), I = intensitas hujan (mm/jam), dan C = koefisien limpasan (*run-off coefficient*).

Laju pengaliran maksimum akan terjadi jika lama waktu hujan sama dengan lama waktu konsentrasi, yaitu interval waktu pada saat seluruh DAS telah berkontribusi pada

aliran di sungai. Secara konseptual, waktu konsentasi (t_c) adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh di lokasi terjauh dalam DAS untuk sampai di titik control.

Penetapan t_c dapat menggunakan persamaan-persamaan hidraulika atau persamaan-persamaan empiris. Persamaan empiris yang cukup terkenal adalah persamaan Kirpich :

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan T_c = waktu konsentrasi (jam), L = panjang li titik terjauh sampai titik yang ditinjau (km), dan S = kemiringan rata-rata daerah lintasan.

Umumnya makin besar t (waktu), intensitas hujannya makin kecil. Jika tidak ada waktu mengamati besarnya intensitas hujan atau karena alat yang tidak tersedia, dapat digunakan cara empiris dari Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan I = intensitas hujan (mm/jam), t = waktu (durasi) hujan, dan R_{24} = kedalaman hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

2.3. Hujan Efektif dan Aliran Langsung

Hujan efektif sama dengan hujan total yang jatuh dikurangi dengan kehilangan air. *Soil Concervation Service (SCS, 1972)* telah mengembangkan metode untuk menghitung besaran hujan efektif dari hujan deras dengan persamaan :

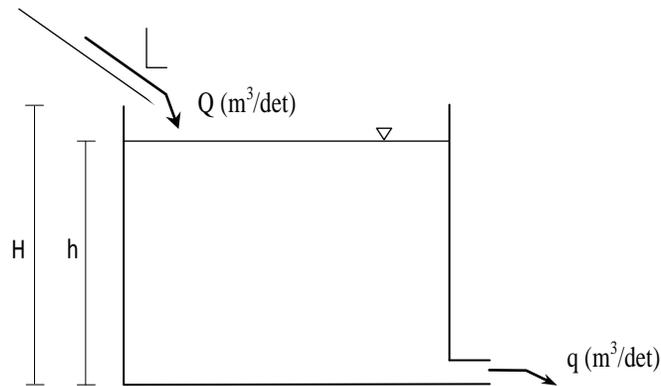
$$P_e = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan P_e = kedalaman hujan efektif (mm), P = kedalaman hujan (mm), S = retensi potensial maksimum air oleh tanah (mm), dan $S = 25400 / CN - 254$, dengan N = bilangan kurva runoff (CN) bervariasi dari 0 – 100.

2.4. Bak Penampung Air Hujan

Agar bak penampung (Gambar 2.1) berfungsi dengan baik sebagai retensi nilai debit puncak banjir, maka kapasitas bak penampung haruslah sedemikian besar sehingga air dalam bak tidak meluap selama durasi hujan. Menurut Varghase dan Latheff, suatu bak

penampang dengan luas penampang A (m^2) dan tinggi H (m) serta luas lubang bukaan di bagian bawah a (m^2) jika diisi air dengan debit input sebesar Q (m^3/det), maka waktu yang diperlukan agar permukaan air dalam bak naik hingga mencapai h (m) adalah (V.G. Ranald, 1977) :



Gambar 2.1. Bak Penampung bukaan bawah

$$\int_0^t dt = \int_0^h \frac{A dh}{Q - K\sqrt{h}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Apabila persamaan Varghase dan Latheff di atas diuraikan, maka akan diperoleh persamaan-persamaan berikut :

$$t = \frac{2A}{K^2} \left[Q \ln \left(\frac{Q - K\sqrt{h}}{Q} \right) + K\sqrt{h} \right] \dots\dots\dots (2.5)$$

$$K = Cd.a.\sqrt{2g}$$

$$Cd = 0,60 \dots\dots\dots (2.6)$$

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

Debit yang keluar dari lubang bukaan di bawah bak penampung dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$q = K\sqrt{h} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan demikian, waktu yang diperlukan untuk mengosongkan bak dari keadaan penuh dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$T = \frac{AK\sqrt{h}}{Cd.a.\sqrt{2g}} = \frac{AK\sqrt{h}}{K} = A\sqrt{h} \dots\dots\dots (2.8)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Data Penelitian

Secara geografis, lokasi penelitian meliputi sebagian besar wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta dan kota Depok yang terletak pada 6012' Lintang Selatan (LS) dan 106048' Bujur Timur (BT). Sungai Cila sebagai daerah hilir dari DAS Ciliwung. Data-data yang diperlukan dalam analisis adalah :

a. Data curah hujan.

Data curah hujan untuk kepentingan analisis debit banjir diperoleh dari Staklim Pondok Benteng Jakarta.

b. Peta penggunaan lahan (tataguna lahan)

Peta ini diperlukan untuk pengelompokan peruntukan lahan guna menentukan besarnya nilai koefisien runoff dalam analisis. Peta penggunaan lahan diperoleh dari BPDAS Ciliwung-Cisadane.

c. Kelompok tanah.

Data pengelompokan jenis tanah diperlukan dalam menentukan potensi besar kecilnya runoff. Data kelompok tanah di lokasi penelitian diperoleh dari BPDAS Ciliwung-Cisadane.

Data untuk estimasi volume limpasan (runoff) menggunakan metode SCS yaitu grup hidrologi tanah (*hydrologic soil grup*), tipe penutupan lahan (*land cover*), kondisi hidrologi dan kelembaban tanah awal (*antecedent moisture condition/AMC*), dan tata guna lahan. Data untuk estimasi debit maksimum dengan metode rasional meliputi, data koefisien runoff yang didasarkan pada factor-faktor pengaliran seperti jenis tanah, kemiringan lereng, keadaan hutan dan besar kecilnya banjir, intensitas hujan selama *time of concentration*, dan luas daerah pengaliran.

3.2. Analisis Data

Penentuan air limpasan permukaan (*runoff*) dihitung menggunakan persamaan dasar yang diturunkan dalam metode SCS dari hujan deras sehingga dapat diketahui perbedaan curah hujan dan *runoff*. Selanjutnya kedalaman hujan efektif dihitung sesuai dengan CN (*Curve Number*) dan debit maksimum yang terjadi dapat diestimasi dengan metode SCS

menggunakan tabel yang menyangkut klasifikasi tanah secara hidrologi berdasar tekstur tanah dan kedalaman air limpasan menurut besarnya curah hujan dan *CN*. Estimasi debit maksimum akan dihitung menggunakan rumus rasional yang menghubungkan antara debit dengan koefisien pengaliran, intensitas hujan dan *catchment area*.

Koefisien run off didasarkan pada faktor-faktor daerah pengaliran DAS Ciliwung hilir (Jakarta) seperti jenis tanah, kemiringan, keadaan hutan, *vegetable cover*, besar kecilnya banjir, intensitas hujan selama *time of concentration*, dan luas DAS. Intensitas curah hujan (*I*) dihitung menggunakan rumus Mononobe sedang besarnya waktu konsentrasi (*time of concentration, TC*) dianalisis menggunakan persamaan Kirpich.

Efektifitas dan kapasitas bak penampung air hujan sementara dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Menentukan diameter lubang bukaan di bagian bawah bak.
- b. Menentukan waktu yang diperlukan agar permukaan air dalam bak naik menyamai tinggi bak (*H*).
- c. Menghitung debit yang keluar dari lubang bukaan di bagian bawah bak.
- d. Menghitung waktu yang diperlukan untuk mengosongkan bak dari keadaan penuh dan menentukan retensi oleh bak terhadap debit.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penggunaan Lahan dan CN

Penggunaan lahan terbesar di wilayah Jakarta adalah pemukiman 365.4 km². Area pemukiman dan gedung memiliki nilai rata-rata *CN* 90-100. Luas total penggunaan lahan dengan nilai *CN* 90-100 adalah 77% dari luas total Jakarta. Nilai *CN* pemukiman menyumbang limpasan permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan lahan terbesar lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyumbang terbesar limpasan permukaan pada DAS Ciliwung adalah daerah pemukiman.

Berdasarkan hasil perhitungan, Jakarta memiliki nilai Curve Number (*CN*) yang tinggi. Nilai yang tinggi ini menunjukkan bahwa daerah Jakarta memiliki nilai potensi besar melimpaskan air hujan menjadi limpasan permukaan.

Tabel 4.1. Perhitungan *Curve Number (CN)* Jakarta (DAS Ciliwung hilir)

| No | Penggunaan Lahan | Luas | | Kel. Tanah | Angka CN | CN Tertimbang |
|--|----------------------------------|----------------|-----------------|------------|----------|-------------------|
| | | Km | Ha | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 = (3 X 5) |
| 1 | Jalan Raya | 0.351 | 35.140 | D | 98 | 3443.72 |
| 2 | Lahan Pertanian | 60.026 | 6002.60 | C | 73 | 438188.34 |
| 3 | Padang Rumput | 9.204 | 920.400 | C | 74 | 68109.6 |
| 4 | Semak Belukar | 5.8684 | 586.84 | C | 72 | 42252.48 |
| 5 | Lahan Terbuka | 63.234 | 6323.4 | C | 76 | 480579.16 |
| 6 | Daerah Bisnis dan Komersil | 49.156 | 4915.6 | D | 81 | 398161.17 |
| 7 | Area Pemukiman | 145.88 | 14500.88 | D | 98 | 1421086.24 |
| 8 | Lain-lain (Sungai/ Kolam/ Danau) | 4.451 | 445.1 | D | 95 | 42280.7 |
| 9 | Lain-lain (Vegetasi Air/ Lahan | 0.162 | 16.2 | C | 96 | 1550.4 |
| 10 | Lain-lain (CN=100) | 24.941 | 2494.1 | D | 100 | 249405 |
| 11 | Total | 362.401 | 36240.08 | | | 3145056.81 |
| CN Tertimbang = 3145056.81/36240.08= 86.783 | | | | | | |

Sumber: BPS Provinsi DKI Jakarta, 2010

4.2. Perbedaan antara curah hujan dan limpasan permukaan

Besarnya perbedaan antara curah hujan dan limpasan permukaan (*s*) berhubungan dengan angka kurva limpasan permukaan (*CN*).

$$s = \left(\frac{1000}{(CN)} - 10 \right) 25,4$$

$$= \left(\frac{1000}{(86,783)} - 10 \right) 25,4 = 38,684$$

Pengambilan data hujan dilakukan dengan cara *annual maximum series*, yaitu mengambil data hujan harian maksimum pada setiap tahun untuk setiap stasiun hujan.

Tabel 4.2. Hasil perhitungan intensitas hujan maksimum DAS Ciliwung

| | Periode Ulang (Tahun) | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 5 | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| CHH Maksimum (mm) | 97.7 | 135.4 | 160.3 | 191.9 | 198.1 | 215.3 | 238.5 | 261.6 |

(Sutopo Purwo, Jakarta Bebas banjir).

Besarnya limpasan maksimum prediksi berdasar model *SCS* diperoleh sebesar :

$$Q = \frac{(P - 0,2 s)^2}{P + 0,8 s} = \frac{(135,4 - (0,2 \times 38,684))^2}{135,4 + (0,8 \times 38,684)} = 97,97 \text{ mm}$$

Total volume limpasan permukaan (*run-off*) pada kejadian hujan maksimum sebesar 135,4 mm untuk kala ulang 5 tahun dan durasi 1 hari adalah :

$$97,97 \times 10^{-3} \times 36240,08 \times 10^4 = 35.504.406,38 \text{ m}^3$$

Dari nilai *CN* tertimbang DAS Ciliwung sebesar 85,188 luas DAS Ciliwung yang mengalir di Jakarta seluas 36240,08 Ha. Curah hujan maksimum 24 jam (1 hari) untuk periode ulang 5 tahun yang terjadi adalah 135,4 mm, selanjutnya dapat dihitung kedalaman air limpasan permukaan dengan terlebih dahulu menginterpolasi secara linear nilai yang terdapat dalam tabel (Asdak hal.186), yaitu sebagai berikut :

$$85 + \frac{(98 - 85)}{90 - 85} \times (86,783 - 85) = 89,635 \text{ mm}$$

$$109 + \frac{(123 - 109)}{90 - 85} \times (86,783 - 85) = 113,992 \text{ mm}$$

$$89,635 + \frac{(113,992 - 89,635)}{150 - 125} \times (135,4 - 125) = 99,76 \text{ mm}$$

Besarnya kedalaman air limpasan permukaan yang diperoleh menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{(P - 0,2 s)^2}{P + 0,8 s} = 99,97$$

Untuk luas DAS 36240,08 Ha dan *CN* sebesar 86,783 besarnya debit air limpasan permukaan diperoleh dengan terlebih dahulu mengekstrapolasi nilai *CN* yang ada pada tabel sehingga diperoleh *CN* sebesar 23,99. Dengan demikian, besarnya debit maksimum dapat di hitung, yaitu :

$$99,76 \times 23,99 = 2393,2 \text{ m}^3/\text{det}$$

4.3. Estimasi Debit Puncak dan Waktu Konsentrasi *Tc*

Faktor-faktor yang berhubungan dengan debit puncak aliran metode rasional adalah koefisien *run-off* dan waktu konsentrasi (*time of concentration, t_c*). Hasil hitungan koefisien limpasan (*run off*) dapat dilihat pada Tabel 1.3. berikut ini:

Tabel 1.3. Perhitungan koefisien limpasan DKI Jakarta

| Penggunaan Lahan | A (Km ²) | C | C X A |
|----------------------------------|----------------------|------|-----------------|
| Jalan Raya | 0.351 | 0.85 | 0.29835 |
| Lahan Pertanian | 60.026 | 0.40 | 24.0104 |
| Padang Rumput | 9.204 | 0.23 | 2.11692 |
| Semak Belukar | 5.868 | 0.40 | 2.3472 |
| Lahan Terbuka | 63.234 | 0.35 | 22.1319 |
| Daerah Bisnis dan Komersil | 49.156 | 0.90 | 44.2404 |
| Area Pemukiman | 145.009 | 0.85 | 123.2577 |
| Lain-lain (Sungai/ Kolam/ Danau) | 4.451 | 0.90 | 4.0059 |
| Lain-lain (Vegetasi Air/ Lahan | 0.162 | 0.85 | 0.1377 |
| Lain-lain (CN=100) | 24.941 | 0.90 | 22.4469 |
| Σ | 362.402 | | 244.9933 |

$$C = \frac{\sum (C \times A)}{\sum A} = \frac{244,9933}{362,402} = 0,676$$

Besarnya nilai *Time of Concentration* (T_c) dihitung dengan menggunakan rumus Kirpich, yaitu:

$$T_c = 0,0195 \times \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} = 0,0915 \times \left(\frac{45500}{\sqrt{0,066462}} \right) = 213,802 \text{ menit} = 3,5633 \text{ jam}$$

Sesuai dengan Tabel 4.1, diperoleh CHH untuk periode ulang lima tahun sebesar :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} = \frac{135,4}{24} \times \left(\frac{24}{3,5633} \right)^{2/3} = 20,122 \text{ mm/jam}$$

sehingga :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A = 0,278 \times 0,676 \times 20,122 \times 362,401 = 1234,28 \text{ m}^3/\text{det}$$

4.4. Simulasi Bak Penampung Air Hujan Sementara Dengan Bukaan di Bawah

Sebelum menghitung besarnya dimensi bak penampung sementara yang akan dibuat, terlebih dahulu dicari banyaknya air yang jatuh ke atap rumah atau bangunan yang

di alirkan oleh talang menuju bak penampung sementara. Parameter hujan yang dipakai dalam perhitungan ini adalah curah hujan harian maksimum yang terjadi antara bulan Januari-bulan Maret tahun 2010 sebesar 42 mm/hari, maka Volume total curah hujan :

$$P = \frac{P}{1000} \times A = \frac{42}{1000} \times 362400800 = 15.220.833,6 \text{ m}^3$$

Untuk menghitung debit yang jatuh ke atap di ambil curah hujan harian maksimum yaitu kejadian hujan pada bulan Januari sebesar 42 mm³/hari. Diestimasi durasi hujan adalah dua jam dengan luas atap bangunan 100 m².

$$P = 42 \text{ mm}^3/\text{hari selama 2 jam.}$$

$$Cr = 0,7.$$

$$\text{Luas atap} = 100 \text{ m}^2$$

Maka, aliran permukaan di atap yang terjadi pada masing-masing sisi atap adalah sebesar :

$$Q_{\text{run off}} \text{ atap} = \frac{\frac{42}{1000} \times (100 \times 0,7)}{2 \times 3600} = 0,000408 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Dimensi saluran pengumpul (talang) yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan cara *trial and error* untuk mendapatkan ukuran yang optimum sesuai dengan jumlah air yang dialirkan diperoleh diameter 0,047 m dan lebar 0,093 m.

4.5. Estimasi dan efektivitas dimensi bak penampung

Direncanakan suatu bak penampung air hujan sementara berbentuk silinder, dengan garis tengah (D) 1,5 m, memiliki lubang bukaan bawah dengan garis tengah (d) = 40 mm. Tinggi bak direncanakan $H = 2$ m, dengan debit masukan sebesar (Q)=0,000816 m³/det. Maka waktu yang diperlukan agar permukaan air dalam bak naik hingga mencapai tinggi bak (h) adalah :

$$t = \frac{-2A}{K^2} \left[Q \cdot \ln \left(\frac{Q - K\sqrt{h}}{Q} \right) + K\sqrt{h} \right]$$

$$t = \frac{-2 \cdot 1,77}{0,000332^2} \left[0,000816 \cdot \ln \left(\frac{0,000816 - 0,000332\sqrt{2}}{0,000816} \right) + 0,000332 \cdot \sqrt{2} \right]$$

$$= 15101,159 \text{ det} = 4,195 \text{ jam}$$

besarnya debit yang keluar dari lubang bawah bak :

$$q = K\sqrt{h} = 0,000332 \times \sqrt{2} = 0,000469 \text{ m}^3/\text{det}$$

Waktu yang diperlukan untuk mengosongkan bak dari keadaan penuh hingga kosong, dihitung dengan persamaan :

$$T = \frac{A.K\sqrt{h}}{cd.a.\sqrt{2g}} = \frac{1,77 \times 0,000469}{0,000332} = 2,5 \text{ jam}$$

Total luaspemukiman di wilayah DAS Ciliwunghilir Jakarta, $A = 14500,880 \text{ Ha}$. Diasumsikan total luasatapbangunan di wilayah DAS Ciliwunghilir Jakarta sebesar 80% dari total luaspemukiman $A = 11600,704 \text{ Ha}$. Maka total luasatapdiseluruhwilayah DAS Ciliwunghilir Jakarta adalah :

$$A = 11600,704 \text{ Ha} = 116.007,040 \text{ m}^2$$

Diasumsikan setiap 100 m²atap, debit yang jatuh adalah:

$$Q = 0,000816 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Total luas atap = 116.007.040. m². Maka total debit yang jatuh ke atap :

$$Q = \frac{116.007.040}{100} \times 0,000816 = 946,617 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Retensi Q_1 setelah adanya bak penampung sementara air hujan di peroleh sebesar :

$$q_2 = \frac{116.007.040}{100} \times 0,000469 \text{ m}^3 / \text{det} = 544,073 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$Q_{retensi} = Q_1 - Q_2$$

$$Q_{retensi} = 946,617 \text{ m}^3 / \text{det} - 544,073 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$Q_{retensi} = 402,544 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Diasumsikan hujan ekstrim rerata terjadi selama 2 jam tanpa berhenti, dengan menggunakan contoh bak 1, maka diperoleh :

$$Q_1 = 946,617 \text{ m}^3/\text{det} \times 7200 \text{ det} = 6.815.642,4 \text{ m}^3$$

Total retensi hujan ekstrim selama 2 jam yang dapat diperoleh dengan menggunakan bak penampung air hujan sementara adalah :

$$q_2 = 544,073 \text{ m}^3/\text{det} \times 7200 = 3.917.325,6 \text{ m}^3$$

Jadi Q retensi total yang diperoleh adalah:

$$Q_{retensi} = Q_1 - q_2 = 6.815.642,4 - 3.917.325,6 \text{ m}^3 = 2.898.316,8 \text{ m}^3$$

Total debit hujan yang dapat di reduksi oleh bak penampung air hujan sementara dengan durasi hujan selama 2 jam, dengan menggunakan ukuran bak :

Tinggi $H = 2 \text{ m}$

Luas penampang bak $= 1,77 \text{ m}^2$

Diameter lubang bukaan $= 40 \text{ mm}$

Dengan mengasumsikan seluruh atap dengan luas $A = 116.007.040 \text{ m}^2$, menggunakan bak penampung air hujan sementara pada masing-masing rumah. Parameter hujan terjadi selama 2 jam, maka total debit yang dapat diretensi adalah sebesar $Q_{retensi} = 2.898.316,8 \text{ m}^3$ dari $Q_{total} = 6.815.642,4 \text{ m}^3$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Dari total luas DAS Ciliwung hilir DKI Jakarta $A = 362400800 \text{ Ha}$ dengan curah hujan 42 mm/hari diperoleh volume total curah hujan $P = 15.220.883,6 \text{ m}^3$.
- Debit yang terjadi pada total luas atap $A = 1160070,4 \text{ m}^2$ adalah $Q = 6.815.642,4 \text{ m}^3$ dengan asumsi setiap rumah menggunakan bak penampung air hujan sementara dengan lubang bukaan bawah, maka debit dapat diretensi sebesar $Q = 2.898.316,8 \text{ m}^3$.
- Dalam penelitian ini bak penampung sementara direncanakan dengan ukuran $H = 2,2 \text{ m}$, $A = 1,77 \text{ m}^2$, dan $a = 40 \text{ mm}$.
- Aplikasi bak penampung sementara ini sangat efektif untuk daerah yang rawan banjir seperti Daerah Khusus Ibukota Jakarta, yang sarat dengan bangunan pemukiman sehingga sulit menginfiltrasikan air.
- Bak penampung air hujan sementara ini tidak membutuhkan tempat yang luas sehingga cukup efektif untuk di aplikasikan pada daerah kota-kota besar yang memiliki pemukiman yang padat.

5.2. Saran

- Perlu ketelitian dalam menentukan parameter-parameter yang dipakai bila menggunakan metode ini.
- Parameter ukuran bak dapat berubah-ubah sesuai dengan kondisi di lapangan

- c. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan Metode SCS dan Metode Rasional pada daerah lain yang merupakan dataran rendah dan sulit melimpaskan banjir seperti daerah DKI Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*; Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Bambang, T. 2008, *Hidrologi Terapan*; Cetakan kedua, Beta Offset, Yogyakarta.
- BPDAS Ciliwung, 2010. *Rencana Detil Penanganan Banjir Jabodetabek*; Tidak dipublikasikan.
- BPS Jakarta, 2010. *Penggunaan Lahan DAS Ciliwung*; Tidak dipublikasikan.
- Chow, dkk. 1988. *Hidrolika Saluran Terbuka*; Erlangga, Jakarta.
- Dinas P.U. DKI Jakarta, 2009. *Master Plan Pengendalian Banjir Jakarta*; Tidak dipublikasikan.
- I Made, Kamiama. 2010. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*; Andi Ofset, Yogyakarta.
- Jhonson A. Harijanja 1999. *Tugas Metodologi Penelitian*; Tidak dipublikasikan.
- Linsley, Ray K dkk. 1989. *Hidrologi Untuk Insinyur*; Erlangga, Jakarta.
- Mulyana, Nana. 2010. *Analisis Karakteristik Banjir di DKI Jakarta dan Alternatif Penanggulangannya*; Tidak dipublikasikan.
- Mulvaney, 1851. *Hydrology for Drainage Design Considerations*; Ireland, Kuiching.
- Nomograph of overland flow time, USCS (Universal Soil Conservation Service)*; 1972
- Ria, Junika. 2008. *Identifikasi Aliran Permukaan di Setiap Kecamatan DKI Jakarta Menggunakan Metode SCS.*; Tidak dipublikasikan.
- Robert. J. Kodoatie, dan Sugiyanto, 2001. *Banjir: Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya*; Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Suripin, 2003. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*; Andi Offset, Yogyakarta.
- Soetopo, Purwo. 2010. *Jakarta Bebas Banjir 2015*; Tidak di Publikasikan.
- Staklim Pondok Benteng, Jakarta. 2010. *Data Curah Hujan Harian Maksimum*; Tidak dipublikasikan.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai*; Nova, Bandung. Tidak dipublikasikan.
- Sri, Harto. Br. 1993. *Analisis Hidrologi*; Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- V.G. Ranald., 1977, *Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics*; Mc Graw-Hill Inc., New York.