

TINJAUAN TEKNIS DASAR EFISIENSI SISTEM RESAPAN DALAM USAHA PENGENDALIAN BANJIR

Studi Kasus: Kawasan DKI – Jakarta

Oleh :

Solihin dan Bambang Sunarwan

Abstrak

Metode konservasi air secara structural (fisik) dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu konservasi secara agronomis, secara mekanis dan secara kimia (*Morgan, 1996; Suripin, 2002*). dengan kesamaan tujuan secara mendasar adalah memanfaatkan air hujan yang jatuh ke tanah seefisien mungkin, dan mengendalikan kelebihan air khususnya di musim hujan, serta menyediakan air cukup untuk pemenuhan kebutuhan di musim kemarau.

Konservasi secara mekanis mempunyai fungsi dan peran terhadap kehadiran aliran air hujan dimana salah satunya adalah pembuatan sumur resapan, yang secara konsep memiliki peran alami sebagai berikut: 1) Memperlambat aliran permukaan; 2) Menampung dan mengalirkan aliran permukaan sehingga tidak merusak; 3) Memperbesar kapasitas infiltrasi air ke dalam tanah dan 4) Memperbaiki aerasi tanah; 5) Menyediakan air bagi tanaman.

Beberapa aspek teknis dasar pembuatannya mencakup kajian dasar sebagai berikut: 1) Hasil perhitungan volume curah hujan dan jenis perangkat alat pendeteksi curah hujan 2) model efektifitas sistem resapan buatan dalam mengendalikan limpasan air hujan suatu kawasan. 3) daya tampung yang mampu diresapkan ke dalam tanah 4) perhitungan berapa jumlah sistem resapan buatan yang harus dibuat.

Dengan ketersediaan informasi dan model sistem peresapan maka diharapkan akan memacu segera terwujudnya komitmen dan partisipasi aktif baik dari Pemerintah Daerah, masyarakat dan dunia usaha dalam usaha pengendalian bencana banjir suatu kawasan diantaranya melalui bangunan sistem resapan buatan secara transparan.

Kata-kata kunci : *implikasi, limpasan air hujan, aerasi, konservasi, agronomis, land subsidence*

1. PENDAHULUAN

Kajian efisiensi sistem resapan dalam pengendalian banjir diarahkan untuk melakukan kajian mengenai sistem daerah resapan dalam kaitannya dengan pemenuhan kuantitas air bawah permukaan, sebagai implikasi atas semakin meningkatnya

penggunaan air tanah bagi pemenuhan konsumsi air.

Tujuan kajian adalah memperkirakan jumlah sistem resapan buatan yang harus dibuat untuk meresapkan limpasan air hujan di suatu wilayah, dengan hasil yang diharapkan mencakup beberapa aspek teknis dan informasi dasar sebagai berikut:

- 1) Hasil perhitungan volume curah hujan dengan perangkat alat pendeteksi curah hujan otomatis (*automatic rain gauge*);
- 2) Gambaran hasil identifikasi dan pengukuran efektivitas sistem resapan buatan sebagai model dalam mengendalikan limpasan air hujan suatu kawasan.
- 3) Mengetahui daya tampung yang mampu diresapkan ke dalam tanah melalui sistem resapan buatan;
- 4) Melakukan perhitungan berapa jumlah sistem resapan buatan yang harus dibuat untuk mere-sapkan limpasan air hujan di wilayah Provinsi DKI - Jakarta; dan
- 5) Terbentuknya komitmen dan partisipasi aktif baik dari Pemerintah Daerah, masyarakat dan dunia usaha dalam pengendalian bencana banjir melalui pembuatan bangunan sistem resapan buatan.

Untuk memperoleh hasil yang diharapkan maka lingkup kegiatan yang dilakukan melalui kajian ini adalah cara/metoda :

- 1) Pembuatan desain teknis bangunan sistem resapan buatan di dalam mengendalikan limpasan air hujan dan
- 2) Pemasangan alat pendeteksi curah hujan otomatis (*automatic rain gauge*) dan selanjutnya melakukan analisis data curah hujan yang diperoleh.

2 SISTEM RESAPAN

2.1 Umum

Sistem resapan merupakan salah satu teknik dalam terminologi konservasi sumber daya air. Dalam Undang-Undang No. 7 Tahun 2004. tentang Sumber Daya Air, dijelaskan bahwa pada hakekatnya konservasi sumber daya air ditujukan untuk hal berikut:

- (1) Menjaga keberlanjutan dan keberadaan air dan sumber air, termasuk potensi yang terkandung di dalamnya;
- (2) Menjaga keberlanjutan kemampuan sumber daya air guna mendukung peri kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya;

- (3) Menjaga keberlanjutan kemampuan air dan sumber air untuk menyerap zat, energi, dan atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya.

Mengingat tujuannya yang begitu vital, dalam Undang-Undang No. 7 Tahun 2004, menyebutkan bahwa konservasi sumber daya air harus dilakukan melalui kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- (1) Perlindungan/ pelestarian sumber air;
- (2) Pengawetan air;
- (3) Pengelolaan kualitas air; dan
- (4) Pengendalian pencemaran air.

Secara umum, metode konservasi air secara struktural (fisik) dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu konservasi secara agronomis, secara mekanis dan secara kimia (*Morgan, 1996; Suripin, 2002*).

Prinsip konservasi air adalah memanfaatkan air hujan yang jatuh ke tanah seefisien mungkin, mengendalikan kelebihan air di musim hujan, dan menyediakan air cukup di musim kemarau. Dalam hal ini, konservasi secara mekanis mempunyai fungsi berikut:

- (1) Memperlambat aliran permukaan;
- (2) Menampung dan mengalirkan aliran permukaan sehingga tidak merusak;
- (3) Memperbesar kapasitas infiltrasi ke dalam tanah dan memperbaiki aerasi;
- (4) Menyediakan air bagi tanaman.

2.2 Manfaat Umum Sumur Resapan

Mengurangi aliran permukaan sehingga dapat mencegah atau mengurangi terjadinya banjir dan genangan air;

- (1) Mempertahankan dan meningkatkan tinggi permukaan air tanah;
- (2) Mengurangi erosi dan sedimentasi;
- (3) Mengurangi atau menahan intrusi air laut bagi daerah dekat kawasan pantai;
- (4) Mencegah penurunan tanah (*land subsidance*); dan
- (5) Mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah.

2.3 Bentuk dan Jenis Sumur Resapan

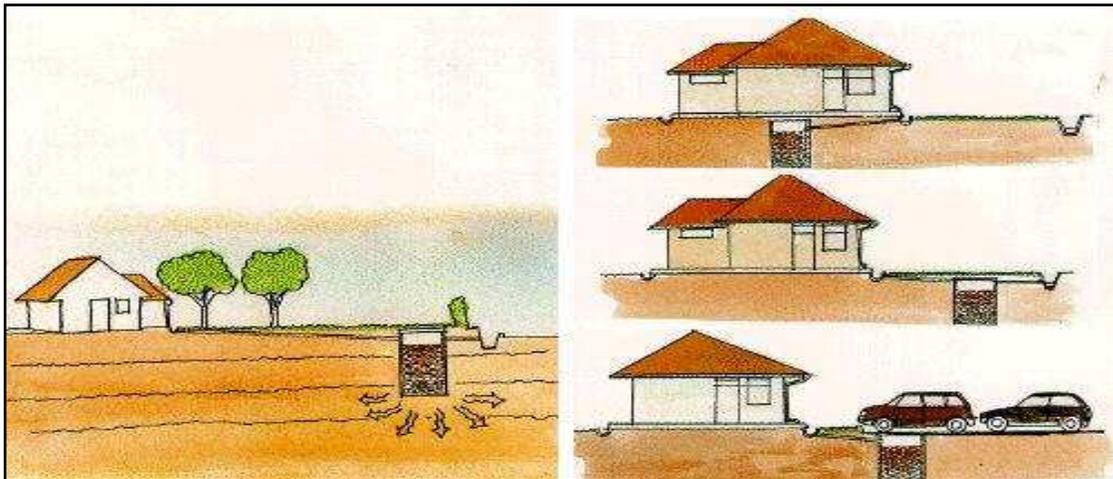
Bentuk dan jenis bangunan sumur resapan dapat berupa bangunan sumur resapan air yang dibuat segi empat atau silinder dengan kedalaman tertentu dan dasar sumur terletak di atas permukaan air tanah. Beberapa jenis konstruksi sumur resapan adalah:

- (1) Tanpa pasangan di dinding sumur, dasar sumur tanpa diisi batu belah maupun ijuk (kosong);
- (2) Tanpa pasangan di dinding sumur, dasar sumur diisi dengan batu belah dan ijuk;
- (3) Sumur dengan susunan batu bata, batu kali atau batako di dinding sumur, dasar

sumur diisi dengan batu belah dan ijuk atau kosong;

- (4) Menggunakan buis beton di dinding sumur; dan
- (5) Menggunakan *blawong* (batu cadas yang dibentuk khusus untuk dinding sumur).

Bangunan pelengkap lain yang diperlukan adalah bak kontrol, tutup sumur resapan dan tutup bak kontrol, saluran masukan dan keluaran atau pembuangan (terbuka atau tertutup) dan talang air (untuk rumah yang bertalang air). Gambar.1, ditampilkan ilustrasi bentuk dan posisi sumur resapan di kawasan permukiman secara sederhana.



Gambar 1. Bentuk dan Posisi Sumur Resapan di Kawasan Permukiman

Data teknis bangunan sumur resapan air hujan yang pernah ditetapkan Departemen Pekerjaan Umum adalah sebagai berikut :

- (1) Ukuran maksimum diameter 1,4 meter;
- (2) Ukuran pipa masuk diameter 110 mm;
- (3) Ukuran pipa pelimpah diameter 110 mm;
- (4) Ukuran kedalaman 1,5 sampai dengan 3 meter;
- (5) Dinding dibuat dari pasangan bata atau batako dari campuran 1 semen : 4 pasir tanpa plester; dan
- (6) Rongga sumur resapan diisi dengan batu kosong 20/20 setebal 40 cm; serta

- (7) Penutup sumur resapan dari plat beton tebal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil.

Berkaitan dengan bangunan sumur resapan ini terdapat SNI No: 03- 2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan. Standar ini menetapkan cara perencanaan sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan, termasuk persyaratan umum dan teknis mengenai batas muka air tanah (mat), nilai permeabilitas tanah, jarak terhadap bangunan, perhitungan dan penentuan sumur resapan air hujan.

Persyaratan umum yang harus dipenuhi antara lain sebagai berikut:

- (1) Sumur resapan air hujan ditempatkan pada lahan relatif datar;
- (2) Air yang masuk ke dalam sumur resapan adalah air hujan tidak tercemar;
- (3) Penetapan sumur resapan air hujan harus mempertimbangkan keamanan bangunan -an sekitarnya;
- (4) Memperhatikan peraturan setempat;
- (5) Hal-hal yang tidak memenuhi ketentuan harus disetujui instansi berwenang.

Persyaratan teknis yang harus dipenuhi antara lain adalah sebagai berikut:

- (1) Ke dalam air tanah minimum 1,50 m pada musin hujan;
- (2) Struktur tanah yang dapat digunakan harus mempunyai nilai permeabilitas tanah $\geq 2,0$ cm/jam;
- (3) Jarak penempatan sumur resapan air hujan terhadap bangunan adalah:
 - (a) Terhadap sumur air bersih 3 m.
 - (b) Terhadap sumur resapan tangki septik 5 m. dan
 - (c) Terhadap pondasi bangunan 1 m.

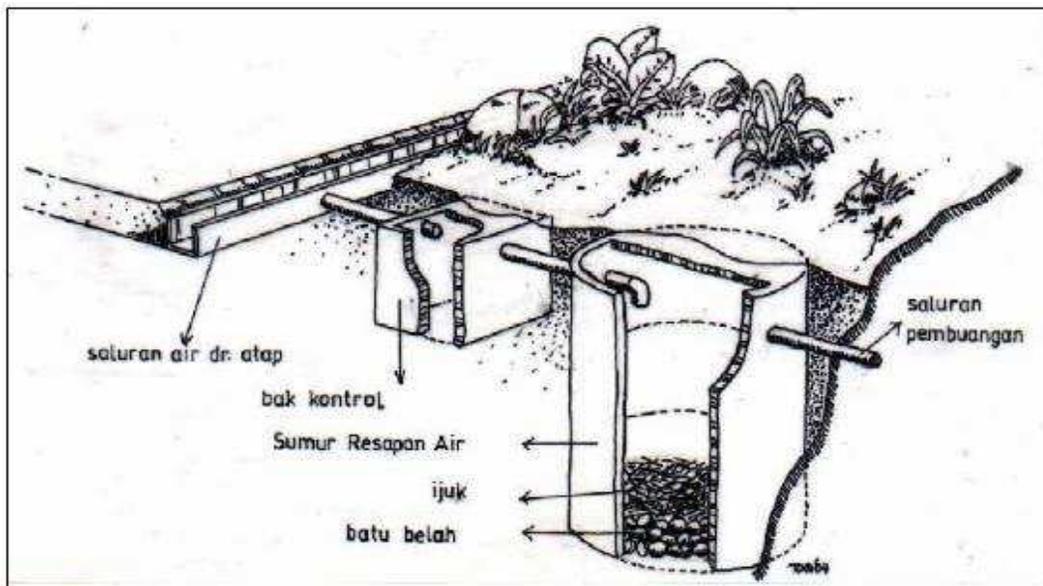
Pembuatan rancangan sumur resapan air (SRA) terdiri dari rangkaian kegiatan sebagai

berikut:

(1) **Persiapan.** Tahap persiapan terdiri dari kegiatan-kegiatan :

- (a) *Pemilihan calon lokasi.* Pemilihan calon lokasi sumur resapan air (SRA) harus sesuai dengan kriteria sebagai berikut: 1) Daerah pemukiman padat penduduk dengan curah hujan tinggi; 2) Neraca air defisit (kebutuhan > persediaan); 3) Aliran permukaan (*run off*) tinggi; 4) Vegetasi penutup tanah <30 %; 5) Rawan longsor; dan 6) Jenis tanah porous
- (b) Orientasi lapangan, konsultasi, pengadaan bahan dan administrasi secara teknis prose-dural sama dengan pembuatan bangunan konservasi tanah lainnya.

(2) **Kegiatan** ; Sebagai hasil kegiatan dari penyusunan rancangan berupa buku rancangan sumur resapan air (SRA) yang dilengkapi dengan lampiran data, gambar dan peta dan telah disahkan oleh instansi terkait yang berwenang. Sebagai contoh Gambaran Skematis Sumur Resapan Air Hujan (Gambar 2.)



Gambar 2. Gambaran Skematis Sumur Resapan Air Hujan

2.4 Pengendalian Banjir

Banjir dan genangan yang terjadi di suatu lokasi diakibatkan oleh sebab-sebab berikut (Kodoatie dan Sugiyanti, 2002):

- (1) Perubahan tata guna lahan (*land-use*) di daerah aliran sungai (DAS);
- (2) Pembuangan sampah;
- (3) Erosi dan sedimentasi;
- (4) Kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase;
- (5) Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat;
- (6) Curah hujan;
- (7) Pengaruh fisiografi/geofisik sungai;
- (8) Kapasitas sungai dan drainase tidak memadai;
- (9) Pengaruh air pasang;
- (10) Penurunan tanah dan rob (genangan akibat pasang air laut);
- (11) Drainase lahan;
- (12) Bendung dan bangunan air;
- (13) Kerusakan bangunan pengendali banjir.

Diketahui ada 4 (empat) strategi dasar sebagaimana umum digunakan para ahli dalam pengelolaan daerah banjir, yaitu (Grigg, 2002):

- (1) Modifikasi kerentanan dan kerugian banjir (penentuan zona atau pengaturan tata guna lahan);
- (2) Pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya seperti penghijauan;
- (3) Modifikasi dampak banjir dengan penggunaan teknik mitigasi seperti asuransi, penghindaran banjir (*flood proofing*); dan

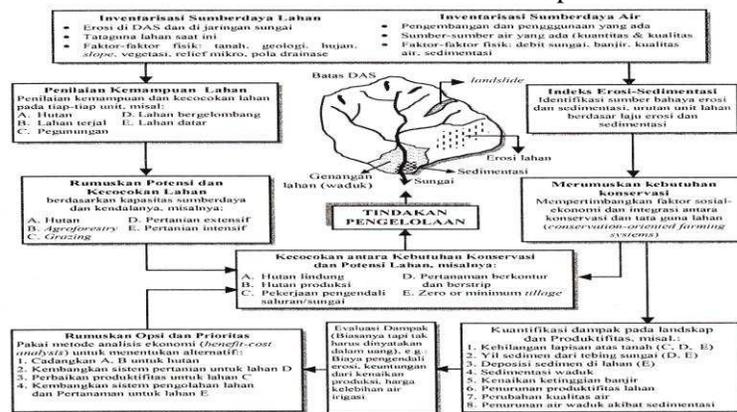
- (4) Modifikasi banjir yang terjadi (pengurangan) dengan bantuan pengontrol (waduk) atau perbaikan sungai.

2.5 Manfaat Konservasi Sumber Daya Air

Konservasi sumber daya air ditujukan bukan hanya untuk meningkatkan volume air, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaannya, sekaligus memperbaiki kualitasnya sesuai dengan peruntukannya. Konservasi sumber daya air mempunyai multi-efek, diantaranya mengurangi banjir, kekeringan dan longsor dan lain sebagainya. Dengan demikian, konservasi sumber daya air telah menjadi salah satu kunci utama dalam menjamin ketersediaan air dan peningkatan suplai air seiring tuntutan kebutuhan air yang semakin meningkat.

Konservasi sumber daya air tidak bisa dilepaskan dari konservasi tanah, sehingga keduanya sering disebut bersamaan menjadi konservasi tanah dan air. Hal ini mengandung makna, bahwa kegiatan konservasi tanah akan berpengaruh tidak hanya pada perbaikan kondisi sumber daya airnya, demikian juga sebaliknya.

Usaha konservasi tanah dan air secara menyeluruh dan komprehensif meliputi berbagai tahap kegiatan sebagaimana langkah-langkah yang disajikan dalam Gambar 3, untuk uraian dan keterkaitan penyebab banjir utama berdasar skala prioritas, alami maupun akibat aktivitas manusia dapat diketahui pada Tabel.1



Gambar 3. Konservasi Air – Keperluan Produktif

Tabel 1. Penyebab Banjir dan Alasan Prioritasnya

No.	Penyebab Banjir	Alasan Mengapa Prioritas	Faktor Penyebab
1	Perubahan tata guna lahan	Debit puncak naik dari 5 sampai 35 kali karena di DAS tidak ada yang menahan, maka aliran air permukaan (<i>run off</i>) menjadi besar, sehingga berakibat debit di sungai menjadi besar dan terjadi erosi lahan yang berakibat sedimentasi di sungai sehingga kapasitas sungai menjadi menurun	Manusia
2	Sampah	Sungai/drainase tersumbat sampah, jika air melimpah akan keluar dari sungai karena daya tampung saluran berkurang	Manusia
3	Erosi dan sedimentasi	Akibat perubahan tata guna lahan, terjadi erosi yang berakibat sedimentasi masuk ke sungai sehingga daya tampung sungai berkurang. Penutup lahan vegetatif yang rapat (misal semak-semak, rumput) merupakan penahan laju erosi paling tinggi	Manusia dan Alam
4	Kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase	Dapat merupakan penghambat aliran, maupun daya tampung sungai. Masalah kawasan kumuh dikenal sebagai faktor pen-ting terhadap masalah banjir daerah perkotaan	Manusia
5	Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat	Sistem pengendalian banjir memang dapat mengurangi keru-sakan akibat banjir kecil sampai sedang, tapi mungkin dapat menambah kerusakan selama banjir yang besar. Misal: bangu-nan tanggul sungai yang tinggi. Limpasan pada tanggul waktu banjir melebihi banjir menyebabkan keruntuhan tanggul, kece-patan air sangat besar yang melalui bobolnya tanggul sehingga menimbulkan banjir yang besar	Manusia
6	Curah hujan	Pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi akan meng-akibatkan banjir di sungai dan bilamana melebihi tebing sungai maka akan timbul banjir atau genangan termasuk bobolnya tanggul. Data curah hujan menunjukkan maksimum kenaikan debit puncak antara 2 sampai 3 kali	Alam
7	Pengaruh fisiografi	Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan DAS, kemiringan sungai, geometrik hidrolik, (ben-tuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan meman-jang, material dasar sungai), lokasi sungai dll	Alam dan Manusia
8	Kapasitas sungai	Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat dise-babkan oleh pengendapan yang berasal dari erosi DAS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai itu karena tidak adanya vegetasi penutup dan adanya penggunaan lahan yang tidak tepat	Manusia dan Alam
9	Kapasitas drainase yang tidak memadai	Karena perubahan tata guna lahan maupun berkurangnya ta-naman/vegetasi serta tindakan manusia mengakibatkan peng-urangan kapasitas saluran/sungai sesuai perencanaan yang dibuat	Manusia
10	Drainase lahan	Drainase perkotaan dan pengembangan pertanian pada dae-rah bantuan banjir akan mengurangi kemampuan bantaran dalam menampung debit air yang tinggi	Manusia
11	Bendung dan bangunan air	Bendung dan bangunan air seperti pilar jembatan dapat me-ningkatkan elevasi muka air banjir karena efek aliran balik (<i>back water</i>)	Manusia
12	Kerusakan bangunan pengendali banjir	Pemeliharaan yang kurang memadai dari bangunan pengen-dali banjir sehingga menimbulkan kerusakan dan akhirnya tidak berfungsi dapat meningkatkan kuantitas banjir	Manusia dan Alam
13	Pengaruh air pasang	Air pasang memperlambat aliran sungai ke laut. Waktu banjir bersamaan dengan air pasang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (<i>back-water</i>). Hanya pada daerah pantai seperti pantura, Jakarta dan Semarang	Alam

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi dan Pemantauan Sistem Resapan

Identifikasi terhadap keberadaan sumur-sumur resapan akan menjadi lokasi *sample* pemantauan dan kajian ini meliputi rangkaian kegiatan inventarisasi dan identifikasi terhadap aspek-aspek teknis dan aspek dukungan lainnya, serta aspek rona biofisik dan rona sosial ekonomi wilayah di sekitarnya.

3.2. Jenis Data dan Informasi

Data dan informasi yang akan dikumpulkan dari metode *survey cepat* adalah: (1) Data dan informasi sekunder, dan (2) Data dan informasi primer.

3.2.1. Data dan Informasi Sekunder

Diperoleh melalui kajian kepustakaan, laporan-laporan terdahulu maupun data dan informasi penunjang lain yang relevan yang diperoleh dari berbagai instansi, baik tingkat pusat maupun daerah, diantaranya:

- (1) *Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Depkimpraswil)*. Terdiri atas berbagai kebijakan dan peraturan perundangan yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya air, berbagai petunjuk pelaksanaan (juklak) dan petunjuk teknis (juknis) mengenai pengelolaan sumber daya air dan pengendalian banjir, petunjuk teknis (juknis) pembuatan sumur resapan, teknologi pembuatan sumur resapan untuk wilayah perkotaan dan wilayah pemukiman lainnya, teknologi pengendalian banjir melalui model rancang bangun bangunan pengendali banjir.
- (2) *Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG)*. terdiri atas data curah hujan harian, bulanan dan tahunan secara berkala (*time series*) untuk jangka waktu satu tahun terakhir, data iklim dan cuaca di wilayah Provinsi DKI Jakarta selama jangka waktu satu tahun

terakhir, data siklus kejadian banjir di wilayah Provinsi DKI Jakarta.

- (3) Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (Bapedalda) Provinsi DKI Jakarta, kantor statistika dan informasi Provinsi DKI Jakarta, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Provinsi DKI Jakarta, khususnya biro lingkungan hidup, dan instansi pemerintah Provinsi DKI Jakarta.
- (4) Lembaga swadaya masyarakat (LSM) lokal/regional guna memperoleh data dan informasi mengenai hasil-hasil penelitian/program/proyek yang pernah dilakukan.

3.2.2. Data dan Informasi Primer

Data dan informasi primer yang diperoleh secara langsung dari lokasi *sample* sumur-sumur resapan wilayah Provinsi DKI Jakarta, terpilih.

3.3. Analisis Data dan Informasi

3.3.1. Curah Hujan

- 1) Pengelompokan hujan setiap hari (24) jam yang besarnya tertentu selama bertahun-tahun memperlihatkan bahwa hujan-hujan kecil terjadi lebih sering dari pada hujan-hujan besar. Pada hujan harian yang besarnya 40 mm terjadi rata-rata 10 tahun sekali, artinya dalam 50 tahun terjadi 5 kali atau dalam 100 tahun terjadi 10 kali dan selanjutnya hujan besarnya 40 mm sehari itu mempunyai masa ulang rata-rata 10 tahun
- 2) Frekuensi hujan pada masa ulang (T) tahun (R_T) Jumlah air yang dihasilkan akibat hujan tergantung dari intensitas hujan dan lama waktu hujan. Intensitas hujan yang besar dalam waktu singkat akan menghasilkan jumlah air yang berbeda dengan intensitas hujan kecil, tapi dalam waktu yang lama. Keadaan ekstrim adalah intensitas hujan besar dengan waktu lama, dapat mengakibatkan banjir.

- 3) Banjir dapat terjadi akibat adanya limpasan permukaan sangat besar disebabkan oleh hujan dan tidak dapat ditampung lagi oleh sungai atau saluran drainase.
Di samping itu limpasan permukaan berlebihan juga disebabkan tanah yang

sudah jenuh. Parameter curah hujan, dikaji dan dianalisis untuk menentukan frekuensi dan intensitas hujan. Yang dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa cara sebagai berikut :

- 1) **Cara Gumbel** : digunakan jika data curah hujan di lokasi penelitian lengkap :

Hujan rata-rata (\bar{X})	Standar deviasi (S_x)
$\frac{\sum X}{n}$ n = Jumlah tahun pengamatan	$\sqrt{\frac{\sum (X^2) - \bar{X} \sum X}{n-1}}$
Frekuensi Hujan pada Periode ulang T (R_T)	Faktor Frekuensi (K)
$R_T = \bar{X} + K S_x$	$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$ Y_T = Angka reduksi Y_n = Angka reduksi rata-rata S_n = Standar deviasi reduksi

- 2) **Menentukan R_T**

Cara Weduwen. Cara ini dapat digunakan jika data hujan tidak tersedia dengan lengkap. Data yang digunakan hanya diambil dari peta

hujan atau data hujan harian (24 jam) maksimum selama periode pengamatan. *Ir. J.P. Weduwen* untuk perhitungan daerah Jawa Barat Utara menggunakan R_{24} dari Jakarta sebagai dasar yaitu hujan periode ulang 70 tahunan.

$R_T = m_T \times R_{70}$	$R_{70} = \frac{R_{\text{mak}}}{m_p}$
---------------------------	---------------------------------------

dimana :

R_T = Curah hujan harian dengan periode ulang T tahun, (mm).

R_{ma} = Curah hujan terbesar selama tahun pengamatan, (mm).

R_{70} = Curah hujan periode ulang 70 tahun (di Jakarta sebesar 240 mm).

m_T, m_p = Koefisien Weduwen.

N = Jumlah tahun pengamatan.

Untuk nilai m_T dan m_p , menurut Weduwen yaitu : $m =$

$\frac{R_{24 \text{ jam daerah luar Jakarta}}}{R_{24 \text{ jam } 70 \text{ tahunan Jakarta}}$
--

3.3.2. Intensitas Hujan

Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Di Indonesia alat pencatat hujan otomatis sangat sedikit dan jarang, yang banyak digunakan adalah alat pencatat hujan biasa yang mengukur hujan 24 jam atau disebut hujan harian. Karena yang tersedia hanya data hujan harian ini maka intensitas hujan dapat diestimasi dengan menggunakan analisis frekuensi dengan persamaan berikut :

Untuk mengolah R (frekwensi hujan) menjadi I (intensitas hujan) digunakan cara berikut :

$$I = \frac{a}{t + b}$$

dimana :

a, b = Konstanta yang disesuaikan dengan lokasi, tak berdimensi.

t = Durasi hujan, (menit)

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

Menurut JICA : jika $t < 10$ menit --> dianggap 10 menit, jika $t > 120$ menit maka akurasinya berkurang.

Jika data curah hujan harian (rinci dan lengkap) yang diperlukan tidak tersedia, maka R24, digunakan dengan bantuan cara Weduwen, mengacu pada curah hujan 70 tahunan Jakarta.

3.3.3. Analisis Limpasan Permukaan

Untuk mengetahui debit air yang mengalir pada permukaan sebagai air limpasan dapat dihitung dengan menggunakan rumus rasional :

1) Debit Air Permukaan

$$Q = \frac{C \cdot I_t \cdot A}{3.6}$$

dimana:

Q = debit limpasan, dalam (m^3/det).

C = Koefisien limpasan atau pengaliran, tak berdimensi.

I_t = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi, (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan, (km^2) $> 4 km^2$

Sedangkan untuk luas daerah tangkapan (A) $< 4 km^2$, digunakan rumus semi Rasional.

$$Q = C \cdot I_t \cdot A \cdot \sqrt[4]{\frac{k}{A}}$$

dimana :

Q, A, I_t dan C sama dengan rumus Rasional

K = kemiringan permukaan tanah rata-rata pada daerah pengaliran

Besarnya debit aliran air tanah, menurut **Hukum Darcy** seperti berikut :

2) Hukum Darcy :

$$Q = k \cdot i \cdot A$$

dimana :

Q = debit aliran air tanah dalam cm^2/det

k = koefisien permeabilitas dari Darcy, dalam cm/det

i = kemiringan aliran rata-rata (hidraulik gradient)

A = total luas penampang melintang masa tanah tegak lurus arah aliran (cm^2).

3) Koefisien Pengaliran

Besarnya nilai koefisien pengaliran secara umum (Tabel 2) koefisien pengaliran C (Tabel 3) berdasarkan penelitian para ahli diperlihatkan seperti berikut:

Tabel 2: Koefisien Pengaliran (C) secara umum

Tipe Daerah Aliran	Kondisi	Koefisien Aliran C
Rerumputan	Tanah pasir, datar, 2%	0,05 - 0,1
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
	Tanah pasir curam, 7%	0,15 - 0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13 - 0,17
	Tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
	Tanah gemuk curam 7%	0,25 - 0,35
Busines	Daerah kota lama	0,75 - 0,95
	Daerah Pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	Daerah "single family"	0,30 - 0,50
	Multi unit Terpisah-pisah	0,40 - 0,60
	"Multi Unit" tertutup	0,60 - 0,75
	"Suburban"	0,25 - 0,40
	Daerah rumah apartemen	0,50 - 0,70
Industri	Daerah ringan	0,50 - 0,80
	Daerah Berat	0,60 - 0,90
Pertanian, kuburan		0,10 - 0,25
Tempat bermain		0,20 - 0,35
Halaman kereta api		0,20 - 0,40
Jalan	Beraspal	0,70 - 0,95
	Beton	0,80 - 0,95
	Batu	0,70 - 0,85
Untuk berjalan dan naik		0,70 - 0,85
Atap		0,70 - 0,95

Tabel 3: Koefisien Pengaliran C

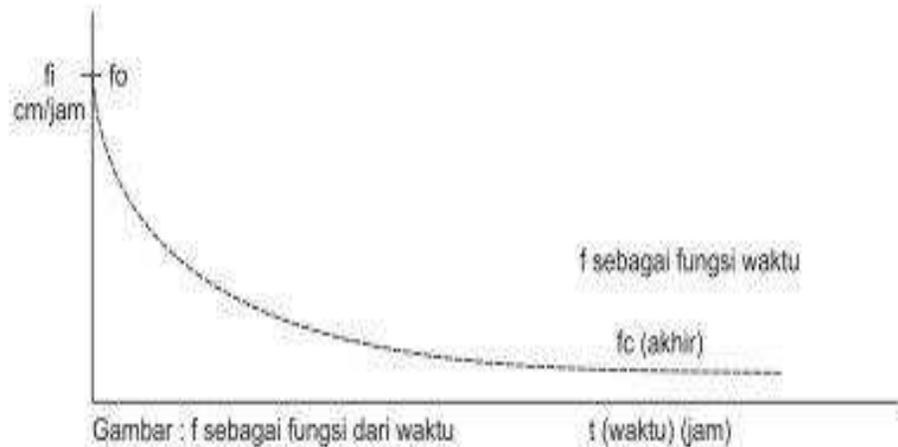
Daerah		Koefisien Aliran
a	Perumahan tidak begitu rapat (20 rumah/ha)	0,25 - 0,40
b	Perumahan kerapatan sedang (20-60 rumah.Ha)	0,40 - 0,70
c	Perumahan rapat	0,70 - 0,80
d	Taman dan Daerah rekreasi	0,20 - 0,30
e	Daerah Industri	0,80 - 0,90
f	Daerah Perniagaan	0,90 - 0,95

3.3.3. Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses masuknya air dari permukaan ke dalam tanah. **Perkolasi** adalah gerakan aliran air di dalam tanah (dari *zone of aeration* ke *zone of saturation*). **Infiltrasi** berpengaruh terhadap saat mulai terjadi aliran permukaan dan juga berpengaruh terhadap laju aliran permukaan (*run-off*).

Beberapa faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi laju infiltrasi :

- (1) Dalamnya genangan di atas permukaan tanah dan tebal lapisan yang jenuh;
- (2) Kelembaban tanah;
- (3) Pemampatan tanah oleh curah hujan;
- (4) Penyumbatan oleh bahan yang halus (bahan endapan);
- (5) Pemampatan oleh orang dan hewan;
- (6) Struktur tanah;
- (7) Tumbuh-tumbuhan;
- (8) Udara yang terdapat dalam tanah;
- (9) Topografi;
- (10) Intensitas hujan;
- (11) Kekasaran permukaan;
- (12) Mutu air;
- (13) Suhu udara;
- (14) Adanya kerak di permukaan.



Gambar 4 : Penghitungan infiltrasi menggunakan rumus *Horton*, sebagai berikut:

$$f = fc + (fo - fc) e^{-kt}$$

Rumus ini berlaku apabila $i > f$

- F = infiltration capacity at any time t
- fc = the value of infiltration after it reaches a constant value
- fo = infiltration capacity at the start
- k = a constant
- t = time from the beginning of precipitation

3.3.4. Sumur Resapan

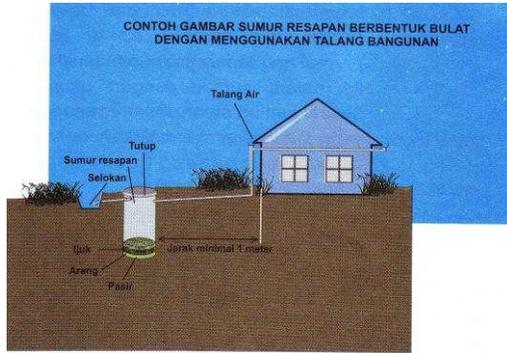
Diantara jenis sistem resapan yang selama ini telah banyak digunakan adalah :

1). Sumur Resapan Dangkal :

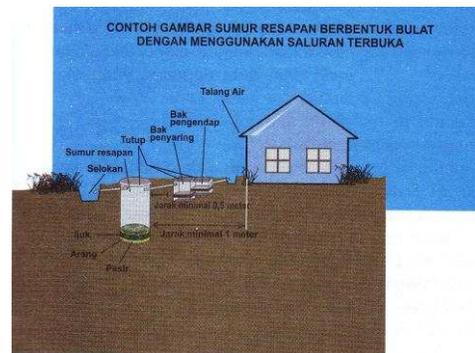
- a. Persyaratan Lokasi: karakteristik berikut :
 - 1) Tinggi muka air tanah $> 0,5$ m; dan/atau
 - 2) Berada pada lahan datar dan berjarak minimum 1 m dari pondasi bangunan.
- b. Konstruksi :
 - (1) Dibuat dalam bentuk bundar atau empat persegi dengan menggunakan batako atau bata merah atau buis beton;
 - (2) Kedalaman di atas muka air tanah antara 0,5 - 10 m di atas muka air tanah dangkal, dilengkapi dengan

ijuk, koral serta pasir sebesar 25% dari volume sumur resapan dangkal;

- (3) Dilengkapi dengan bak control, berjarak ± 50 cm yang berfungsi sebagai pengendap;
- (4) Sumur resapan dangkal dan bak control Gambar 5. Dilengkapi penutup dari beton bertulang atau plat besi;
- (5) Membuat saluran air dari talang rumah atau saluran air di atas permukaan tanah dimasukkan ke dalam sumur dengan ukuran sesuai jumlah aliran. Sumur resapan yang sumber airnya dialirkan melalui talang bangunan (Gambar. 6) tidak perlu membuat bak control; dan
- (6) Memasang pipa pembuangan yang berfungsi sebagai saluran limpasan jika air dalam sumur yang resapan sudah penuh.



Gambar 6. Sumur Resapan Menggunakan Talang Bangunan



Gambar 5. Sumur Resapan Menggunakan Saluran Terbuka

2). Sumur Resapan Dalam (Gambar 7)

a. Syarat Lokasi

- (1) Diutamakan di daerah land subsidence dan/atau daerah genangan;
- (2) Penurunan muka air tanah dalam kondisi kritis;
- (3) Ketinggian muka air tanah > 4 m;
- (4) Sumur resapan dalam dapat dipadukan dengan sumur eksploitasi yang telah ada dan/atau yang akan dibuat

b. Konstruksi

- (1) Dibuat melalui pemboran dengan lubang bor tegak lurus dan diameter minimal 275 mm (11 inch) untuk seluruh kedalaman;
- (2) Diameter pipa lindung dan saringan minimal 150 mm (6 inch);
- (3) Kedalaman disesuaikan dengan kondisi akifer dalam yang ada;
- (4) Bibir sumur atau ujung atas pipa lindung terletak minimal 0,25 m di atas muka tanah dan dilengkapi dengan penutup pipa;
- (5) Saringan sumur bor harus ditempatkan tepat pada kedudukan akifer yang disarankan untuk peresapan. Apabila akifernya mempunyai ketebalan lebih dari 3

m, maka panjang minimal saringan yang dipasang harus 3 m, ditempatkan di bagian tengah akifer;

- (6) Ruang antara dinding lubang bor dan pipa lindung di atas dan di bawah pembalut kerikil diinjeksi dengan lumpur penyekat, sehingga terbentuk penyekat-penyekat setebal 3 m di bawah kerikil pembalut dan setebal minimal 2 m di atas kerikil pembalut;
- (7) Ruang antara dinding lubang bor dan pipa jambang di atas kerikil pembalut mulai dari atas lempung penyekat hingga kedalaman 0,25 m di bawah muka tanah harus diinjeksi dengan bubur semen, sehingga terbentuk semen penyekat;
- (8) Sekeliling sumur dibuat lantai beton semen dengan luas minimal 1 m^2 , ketebalan minimal 0,5 m mulai 0,25 m bawah muka tanah hingga 0,25 m.atas muka tanah;
- (9) Dilengkapi dengan 2 buah bak kontrol yang dibuat secara bertingkat dengan menggunakan batu bata, batako, atau cor semen secara berhimpit berukuran panjang 1 m, lebar 1,5 m dan kedalaman 1,5 m, dasar bak kontrol disemen, dan;

- (10) Bak penyaring, dibuat dengan kedalaman 1 m, diisi pasir ketebalan 25 cm, koral setebal 25 cm dan ijuk setebal 25 cm. Bak kontrol 2 kedalaman 1,5 m diisi iuk setebal 25 cm, arang aktif 25 cm, koral 25 cm dan ijuk setebal 25 cm.

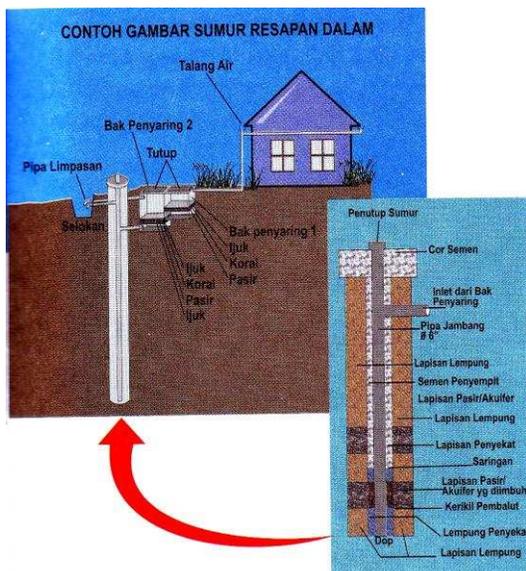
3). Lubang Resapan Biopori (LRB)

(1). Persyaratan Lokasi

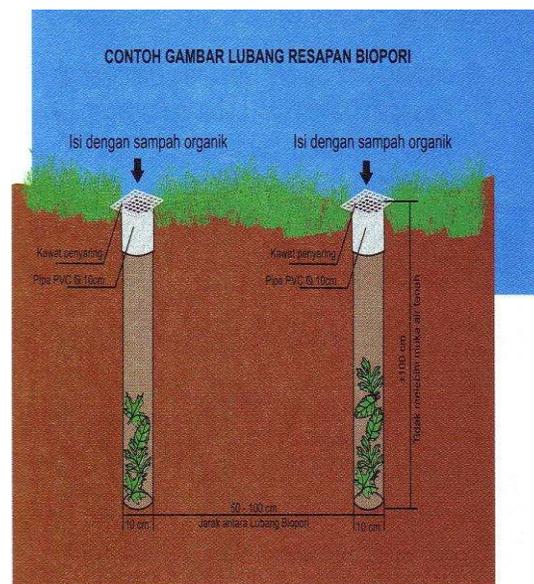
- Daerah sekitar pemukiman, taman, halaman parkir dan sekitar pohon; dan/atau
- Pada daerah yang dilewati aliran air hujan

(2). Konstruksi

- Membuat lubang silindris ke dalam tanah, diameter 10 cm, kedalaman 100 cm atau tidak melampaui kedalaman air tanah. Jarak pembuatan lubang resapan biopori antara 50 - 100 cm;
- Memperkuat mulut atau pangkal lubang dengan menggunakan :
 - **paralon** dengan diameter 10 cm, panjang minimal 10 cm; atau
 - **adukan semen** selebar 2 – 3 cm, setebal 2 cm disekeliling mulut lubang.
- Mengisi lubang LRB dengan sampah organik yang berasal dari dedaunan, pangkasan rumput dari halaman atau sampah dapur; dan
- Menutup lubang resapan biopori (Gambar 8) dengan kawat saringan.



Gambar 7. Sumur Resapan



Gambar 8. Lubang Resapan

Jumlah unit sumur resapan dangkal, sumur resapan dalam dan lubang resapan biofori

yang diperlukan berdasarkan luas tutupan bangunan tersaji dalam Tabel 4 .

Tabel 4. Jenis Sumur Resapan, Luas, Volume Resapan dan Jumlah Unit yang Diperlukan

Jenis Pemanfaatan	Luas Tutupan Bangunan (m ²)	Volume Resapan per Unit (m ³)	Volume Resapan Per Unit (m ³ /hari)	Jumlah Unit Resapan Yang Diperlukan	Keterangan
Sumur Resapan Dangkal	50	1	-	1	Setiap tambahan 25-50 m ² luas tutupan bangunan diperlukan tambahan 1 unit atau volume 1m ³
Sumur Resapan Dalam	1000	-	40	1	Setiap tambahan 500-1000 m ² luas tutupan bangunan diperlukan tambahan 1 unit
Lubang Resapan Biofori	20	0,25	-	3	Setiap tambahan luas tutupan bangunan 7 m ² diperlukan tambahan 1 unit LRB

Untuk membangun sumur resapan, agar dapat memberikan kontribusi yang optimum diperlukan metoda perhitungan sebagai berikut (Sunjoto,1992):

- Menghitung debit aliran masuk sebagai fungsi karakteristik luas atap bangunan, yang dihitung dengan formula berikut:

$$Q = C \times I \times A$$

Q = debit masuk,
 C = koefisien aliran (jenis atap rumah),
 I = intensitas hujan,
 A = luas atap)

- Menghitung kedalaman sumur optimum, yang dihitung dengan formula berikut:

$$H = Q/FK [1-\exp(-FKT/pR^2)]$$

H = Kedalaman air (m)
 Q = Debit masuk (m³/dt)
 F = Faktor geometrik (m)
 K = Permeabilitas tanah (m/dt)
 R = Radius sumur dan
 T = Durasi aliran (dt)

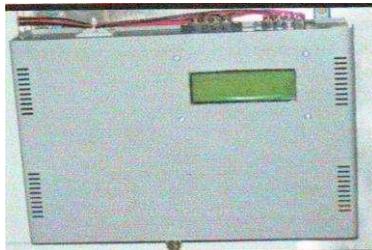
3.3.5 Alat Pendeteksi Curah Hujan Otomatis

Alat pendeteksi curah hujan otomatis terdiri dari 2 bagian yaitu :

- Alat pendeteksi curah hujan
 Alat pendeteksi curah hujan otomatis atau biasa disebut dengan *automatic rain gauge* adalah sebuah instrumen cuaca yang berfungsi untuk memonitoring rata-rata hujan dan total curah hujan suatu lokasi.
- Peralatan online monitoring GSM
 Peralatan online monitoring GSM merupakan peralatan penunjang yang diperlukan dalam proses operasionalisasi alat pendeteksi curah hujan otomatis. Alat pendeteksi curah hujan otomatis salah satunya diproduksi oleh Global Water, California, USA. Dilengkapi dengan :
 Peralatan penunjang tersebut terdiri dari : Smart data logger, (Gambar.10), Modem GSM/SPRS (Gambar 11), Power supply (Gambar 12) dan Software aplikasi ARG (Gambar 13).



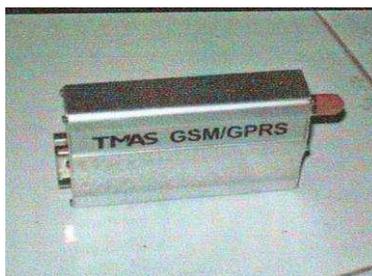
Gambar 9. RG200 6" Rain



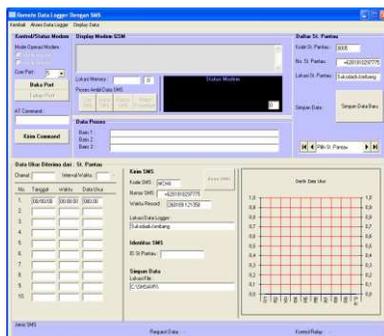
Gambar 10. Smart Data Logger



Gambar 11. Power Supply



Gambar 12. Modem GSM/GPRS



Gambar 13. Software ARG

4. SARAN DAN KESIMPULAN

Untuk mengaplikasikan teknik pembuatan sumur resapan, maka diperlukan tahap sebagai berikut:

- (1) Melakukan analisis curah hujan. Analisa terhadap curah hujan dimaksud untuk menghitung intensitas curah hujan maksimum pada perioda ulang tertentu. Dengan mengetahui intensitas curah hujan maksimum, maka kapasitas sumur resapan akan dapat dihitung.
- (2) Alat pendeteksi curah hujan otomatis penting digunakan untuk memperkuat sistem pendukung pengambilan keputusan yang mampu menyediakan informasi *akurat, cepat* dan tepat sasaran khususnya mengenai situasi yang sedang terjadi serta dapat memberikan peringatan dini tentang potensi bencana yang akan terjadi.
- (3) Menghitung luas tangkapan hujan. Bersama-sama dengan intensitas curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu akan dapat dihitung besarnya debit aliran.
- (4) Dari data dan analisis lapisan tanah/batuan yang terdiri dari berbagai macam lapisan mulai dari tanah belempong, pasir berlempong dan gravel atau kombinasi dari lapisan tersebut, maka sumur resapan akan sangat efisien jika dibuat sampai pada daerah kedalaman dengan lapisan batuan yang terdiri dari pasir atau *gravel*. kedalaman disesuaikan dengan kondisi akifer dalam setempat.
- (5) Pemasangan sumur. Sumur resapan dapat dibangun dengan menggunakan bis beton dengan lapisan porus atau susunan batu bata yang disusun secara teratur.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Deny Juanda Puradimadja, Ir., Dr., 1999, *Air Hujan Sebagai Sumber Imbuhan Airtanah dan Aplikasinya dalam Teknologi Konservasi Airtanah*, Pelatihan Pengolahan Data Iklim Untuk Pengelolaan Sumberdaya Air, Jurusan Teknik Geologi ITB, Bandung.
- 2) H. Moechtar, H. S. Poedjoprajitno, 2003, *Runtunan Tataan Stratigrafi sebagai Indikator Periode Proses Penurunan atau Subsidence, Studi Kasus Geologi Kuarter Cekungan Jakarta*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung. Seminar Reklamasi dan Pengaruhnya terhadap Banjir di Jakarta – Depok
- 3) Kusnaedi Ir., 2003, *Sumur Resapan untuk Perkotaan Pemukiman Perkotaan dan Pedesaan*, Cetakan 7, Penebar Swadaya, Jakarta.
- 4) Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup, No. 12 Tahun 2009, *Tentang Pemanfaatan Air Hujan*.

PENULIS.

- 1) **Ir. Solihin**, pengajar Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor.
- 2) **Ir. Bambang Sunarwan, MT.** pengajar Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor.