

A STUDY ON ALTERNATIVE BUILDING DESIGN IN SOLVING THE LIMITATION OF WATER RESOURCES

KAJIAN JENIS BANGUNAN ALTERNATIF SEBAGAI UPAYA PENANGGULANGAN DAMPAK KRISIS SUMBER DAYA AIR

Ronni I.S.R. Hadinagoro

Faculty of Engineering – Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Kampus Unjani
Cimahi, 40531
Telp. (022)-70360727
rono_hadinagoro@yahoo.com

Abstract

Growth and development of human needs cause very significant changes in land use. Conversion to residential, and infrastructure have started reaching complementary upland conservation areas and even the impact on the reduction of infiltration area by the building due to water-resistant/unpermeable layers. Crisis on water resources in the form of reduction in ground water and flood in the lower land area due to significant increasing the flow of surface water run off during rains will be occurred as an impact of such reduction of infiltration area.

Therefore, it is necessary to study the types of buildings to reduce the negative impact of development, especially related to the crisis of water resources and land.

The observation of the behavior of land infiltration that on average during the first 50 minutes, the soil will be able to absorb rainwater. Such time is very helpful infiltration of water into the soil if the soil surface of open land available to absorb water. To reduce the area of the closure of the land, the various types of buildings should be designed in order to minimize the Building Base Coverage Ratio. The study in this research recommends the types of buildings in the style of houses on stilts, flyovers, drainage of grass ditch will be able to reduce the size of the closure of up to 97 % catchment area.

Key Word : infiltration, Building Base Coverage Ratio, houses, flyover, drainage.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk akan menyebabkan peningkatan aktifitas manusia dalam rangka pemenuhan kebutuhan hajat hidup, yang akan berpengaruh pada dimensi sosial, ekonomi, dan lingkungan. Upaya pemenuhan hajat hidup manusia yang semakin meningkat secara kuantitas dan kualitas ini akan mendorong terjadinya eksploitasi sumberdaya alam dan lahan secara berlebihan yang berdampak pada penurunan daya dukung lingkungan, bahkan cenderung akan meningkatkan potensi bencana.

Para pakar telah menengarai adanya paradok antara penduduk dan air. Pertumbuhan jumlah penduduk akan mengakibatkan peningkatan ruang terbangun untuk prasarana wilayah, baik berupa bangunan gedung maupun jalan, yang berarti pengurangan ruang terbuka hijau serta lahan resapan air. Hal ini akan berdampak pada pengurangan ketersediaan air tanah sekaligus meningkatkan potensi banjir.

Di beberapa daerah, penurunan ketersediaan air tanah ini berdampak pada kelangkaan ketersediaan air bersih, bahkan air baku yang akan dijernihkan dan didistribusikan oleh perusahaan air minum. Di samping itu, dengan penurunan air tanah juga akan berdampak pada penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) yang berdampak pada keselamatan bangunan.

Penambahan ruas jalan, tanpa disertai perencanaan, pengaturan, dan pengendalian tataguna lahan yang konsisten dan tegas dapat menyebabkan perubahan tataguna lahan yang berarti penambahan tertutupan tanah. Alih fungsi tataguna tanah ini berdampak pada peningkatan limpasan permukaan, di samping penurunan muka air tanah.

Di kawasan wisata, dan juga kawasan *real estate* yang ada di dataran tinggi, untuk mempercepat proses pematuan air guna menghindari genangan air di kawasan tersebut banyak dibangun instalasi drainase

berupa saluran-saluran air dengan pelapisan kedap yang terbuat dari saluran beton, PVC, atau logam yang tidak memungkinkan terjadinya peresapan air ke dalam tanah. Dengan demikian, akan semakin memperbesar banjir di daerah yang lebih rendah dan secara serta merta mengurangi cadangan air tanah. Beberapa solusi telah ditempuh untuk mengurangi dampak tersebut, misalnya dengan pembuatan sumur resapan, dan biopori. Namun demikian akibat keterbatasan lahan yang dimiliki masyarakat, kondisi medan dan kondisi tanah, terutama di dataran tinggi, maka program biopori dan sumur resapan ini sulit untuk direalisasikan.

Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, maka perlu dicari alternatif solusi untuk mengurangi dampak negatif yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan, terutama yang berkaitan dengan peningkatan limpasan air dan penurunan resapan air ke dalam tanah.

Pemilihan jenis bangunan tepat guna berdasarkan letak geografis yang sesuai dengan geomorfologi area sangat memungkinkan dapat menekan laju penurunan kawasan terbuka hijau, yang berarti dapat menekan laju krisis air tanah.

Perumusan Masalah

Krisis sumberdaya air berupa penurunan permukaan air tanah yang berdampak pada penurunan ketersediaan air bersih mulai dirasakan di beberapa daerah di Indonesia.

Alih fungsi lahan terbuka hijau menjadi bangunan gedung, jalan, dan saluran drainase merupakan salah satu penyebab penurunan resapan air.

Perlu dilakukan pengkajian jenis bangunan tepat guna untuk mengurangi dampak negatif dari krisis sumber daya air.

Krisis Sumber Daya Air di Perkotaan

Pertumbuhan penduduk akan memacu kebutuhan ruang aktifitas hidup untuk hunian, kerja, dan transportasi. Alih fungsi lahan terbuka hijau menjadi tataguna lahan bangunan gedung dan jalan tak dapat dihindarkan. (Kodoatie, 2010).

Salah satu masalah di perkotaan dan kawasan sekitarnya adalah dampak kegiatan pergerakan manusia terkait dengan masalah transportasi jalan yang memberikan pelipatgandaan dampak terhadap masalah ketertutupan lahan.

Sebagai gambaran, pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia belum dapat diimbangi dengan penambahan ruas jalan. Dari data Biro Pusat Statistik terlihat bahwa terdapat kesenjangan laju pertumbuhan kendaraan dengan jalan raya.

Untuk mengatasi kesenjangan laju pertumbuhan itu ditempuh jalan upaya terus menerus meningkatkan kapasitas ruas jalan melalui pelebaran dan penambahan lajur, dan juga penambahan ruas jalan.

Pelebaran atau penambahan ruas jalan berarti memperluas lapisan penutup tanah terbuka. Penambahan luas area yang tertutup lapisan kedap yang terdiri atas lapisan perkerasan, dan lapisan mortar (campuran pasir, semen, dan agregat) pada saluran drainase tepi ini akan mengurangi air hujan yang teresap ke tanah, dan menambah limpasan air di atas permukaan (*surface runoff*).

Penurunan kuantitas air hujan yang terserap ke dalam tanah akan menyebabkan penurunan air tanah. Dalam kurun waktu jangka panjang, penurunan air tanah ini akan menyebabkan kelangkaan air tanah.

Penambahan limpasan air permukaan akan berdampak pada terjadinya genangan air, dan sangat memungkinkan akan memacu terjadinya banjir di kawasan yang lebih rendah.

Dengan adanya penambahan ruas jalan, tanpa disertai perencanaan, pengaturan, dan pengendalian tataguna lahan yang tegas, akan dapat menyebabkan perubahan tataguna lahan yang berarti penambahan ketertutupan tanah. Alih fungsi tataguna tanah ini berdampak pada peningkatan limpasan permukaan, di samping penurunan muka air tanah.

Di kawasan wisata, dan juga kawasan real estate yang ada di dataran tinggi, untuk mempercepat proses pematuan air guna menghindari genangan air di kawasan tersebut, banyak dibangun instalasi drainase dengan saluran-saluran air dengan pelapisan kedap yang terdiri atas saluran beton, PVC, atau logam yang tidak memungkinkan terjadinya peresapan air ke dalam tanah. Dengan demikian, akan semakin memperbesar banjir di daerah yang lebih rendah dan mengurangi cadangan air tanah.

Beberapa Penelitian terdahulu membahas fenomena dampak krisis sumberdaya air, akan tetapi belum memberikan alternatif solusi secara tepat guna. Sebagai contoh solusi telah ditempuh untuk mengurangi

dampak tersebut, misalnya dengan pembuatan sumur resapan, dan biopori. (Kodoatie, 2006). Namun demikian akibat keterbatasan lahan yang dimiliki masyarakat, kondisi medan dan kondisi tanah, terutama di dataran tinggi, maka program biopori dan sumur resapan ini sulit untuk direalisasikan.

Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, maka perlu dicari alternatif solusi tepat guna untuk mengurangi dampak negatif yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan, terutama yang berkaitan dengan peningkatan limpasan air dan penurunan resapan air ke dalam tanah.

Transportasi sangat berpengaruh pada tataguna lahan. Pembangunan jalan raya akan mendorong pertumbuhan kawasan sekitarnya. Beberapa kawasan akan tumbuh pesat setelah adanya jalan baru. Dengan tumbuhnya tataguna lahan sebagai kawasan hunian atau kawasan perdagangan, maka kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi pun akan bertambah.

Pertumbuhan tata guna lahan berarti menambah ketertutupan lahan terbuka, yang akan berdampak pada penurunan resapan air hujan ke dalam tanah di satu sisi, dan peningkatan limpasan air di sisi lain. (Sismiaji, 2009).

Penurunan resapan air akan berdampak pada penurunan air tanah yang lebih jauh akan berakibat pada penurunan tanah.

Sebagai gambaran, hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan tanah di Jakarta telah lama terdeteksi. Dengan metode survei sipat datar pada 1982-1997 penurunan dapat diukur sebesar 20-200 cm. Dampaknya sudah terlihat signifikan belakangan ini, yaitu meluasnya daerah banjir akibat timbulnya cekungan atau amblesan. (Handani, 2008).

Penurunan muka tanah menyebabkan tidak berfungsinya saluran air dan kerusakan sarana jalan serta penurunan kualitas lingkungan. Hal fatal dapat terjadi bila subsiden menyebabkan keretakan pada gedung sehingga dapat berakibat roboh.

Survei GPS di 17 lokasi di Jakarta dilakukan sembilan kali, Desember 1997-September 2007, antara lain di Marunda, Pantai Mutiara, Pantai Indah Kapuk, Ancol, Cilincing, Kamal Muara, Kelapa Gading, Kwitang, Klender, Cibubur, Tomang, Kuningan, dan Kebayoran. (Tobing, dkk., 2008).

Secara umum hingga September 2005 telah terdeteksi penurunan tanah dengan laju 1-10 cm per tahun dan pada beberapa lokasi mencapai 15-20 cm per tahun, bervariasi secara spasial dan temporal. Kecepatan penurunan tanah terbesar terjadi di kawasan barat daya Jakarta.

Survei GPS yang dilakukan sejak Februari 2000 oleh Kelompok Keilmuan Geodesi ITB lima kali hingga 2005 menunjukkan bahwa fenomena penurunan tanah terjadi pada beberapa lokasi di kawasan cekungan Bandung.

Dinas Pertambangan Direktorat Tata Lingkungan Geologi menengarai adanya penurunan tanah akibat penurunan muka air tanah di Semarang sekitar 149,5 mm/tahun – 167,25 mm/tahun. Fenomena ini ditengarai dengan semakin sering dan meluasnya banjir di kawasan Kota Semarang. (Tobing, 2008).

Di samping penurunan resapan air yang berdampak pada penurunan permukaan air tanah dan penurunan permukaan tanah, peningkatan limpasan air permukaan juga akan memperbesar potensi banjir. Penelitian Sismiaji menunjukkan bahwa di kota Surakarta akibat perubahan 15,15 % lahan terbuka berdampak pada peningkatan limpasan air sekitar 19 %. (Sismiaji, 2009).

Banjir di Jakarta juga tidak dapat dilepaskan dari pertumbuhan tata guna lahan di kawasan Kabupaten Bogor dan kota Depok dengan penurunan luas lahan terbuka yang ada di kawasan tersebut.

Tinjauan Terhadap Resapan Air (Infiltrasi)

Tinjauan terhadap resapan air (infiltrasi) dapat dilihat dari parameter yang menunjukkan volume curah hujan yang mengalir teresap ke dalam tanah (sebagai air infiltrasi), yang sering disebut dengan Koefisien Resapan (C).

Koefisien resapan (Asdak, 2002) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C = (I \times 365 \times A) / (P \times A) \quad (1)$$

Dengan :

- C = Koefisien Resapan
- I = laju resapan
- A = luas daerah tangkapan air.
- P = curah hujan tahunan.

Sebagai gambaran, untuk 1 m lebar dan 1 km panjang area saluran drainase tepi jalan, jika laju infiltrasi suatu tanah dengan lapisan rumput 0,8 mm/hari, Luas tangkapan air 1.000 m², curah hujan rata tahunan 2000 mm, maka koefisien resapan daerah tersebut dapat dihitung sebagai berikut.

$$C = \{ (0,8/1000 \text{ m}) (365) (1000 \text{ m}^2) \} / \{ (2\text{m}) (1000 \text{ m}^2) \} = 0,146 \text{ mendekati } 15 \%$$

Artinya untuk area sisi jalan yang digunakan untuk saluran drainase, jika menggunakan saluran drainase rumput masih ada 15 % curah hujan yg terserap sebagai resapan air.

Jika area tersebut diberi lapisan kedap air berupa plesteran beton, maka praktis koefisien resapannya praktis = 0, sehingga 15 % air hujan tersebut akan menjadi limpasan permukaan.

Tinjauan Terhadap Ketertutupan Lahan.

Dari pengamatan melalui peta satelit pada daerah Bandung Utara, KDB Blok kawasan hunian di kawasan permukiman kritis ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Dasar Bangunan

Kemiringan Lahan [%]	0 – 15	15 - 30	30 - 40
KDB Maksimum [%]	50	6	2
KDB Lapangan Rata-Rata	80	65	1
Klasifikasi	Melebihi	Melebihi	Di Bawah

Pada kawasan Blok Hunian terpadat terdapat di daerah-daerah yang relatif datar pada kemiringan antara 0 – 30 % di kawasan Bandung Utara, yang menurut peta rekomendasi (Lampiran A2) merupakan daerah konservasi resapan air.

Pada kawasan Blok Hunian, rata-rata jenis bangunan yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

- 1). Jenis Rumah/ Gedung dinding dan tembok.
- 2). Jenis lantai halaman tertutup lapisan semes atau *paving block*.
- 3). Jenis perkerasan jalan aspal dan beton semen.
- 4). Saluran drainase tepi jalan sebagian besar dilapis plesteran kedap air.
- 5). Bangunan peresapan air tidak tersedia.

Gambar 1 sampai dengan 3 menunjukkan bahwa ketertutupan lahan di seluruh blok tata guna lahan hunian, perdagangan, dan perkantoran lebih dari 90 %. Bahkan pada kawasan tertentu mencapai 100 %, dengan arah limpasan air halaman gedung mengarah ke jalan raya yang tanpa dilengkapi sistem saluran drainase yang memadai.

Limpasan air permukaan yang mengarah ke badan jalan secara langsung akan mengakibatkan kerusakan perkerasan jalan, dan juga mempercepat genangan air pada kawasan yang lebih rendah.

Berdasarkan hasil pengamatan, KDB yang cukup tinggi justru terjadi di daerah resapan serta daerah konservasi sumber daya air. Dengan demikian potensi kerawanan terhadap krisis sumber daya air akan menjadi semakin besar jika tanpa ada upaya pengurangan dampak secara tepat.



Gambar 1. Halaman Rumah tertutup lapisan perkerasan kedap air.



Gambar 2. Lebih 80 % kawasan tertutup lapisan perkerasan kedap air.



Gambar 3. Lebih 90 % kawasan tertutup lapisan kedap air.

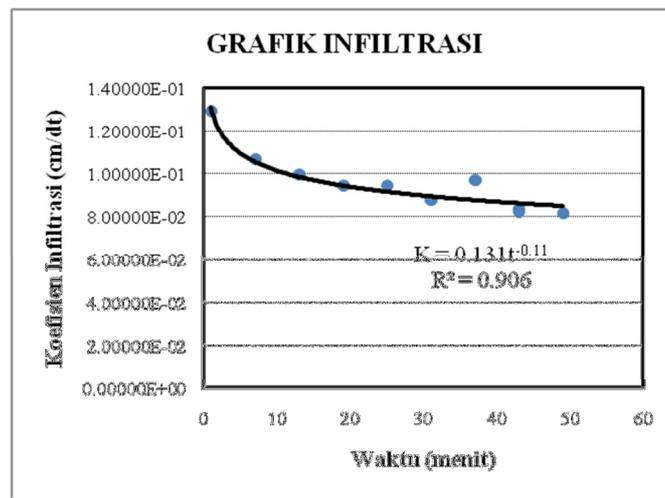
Perilaku Resapan.

Cirian grafik hasil pengukuran infiltrasi pada gambar 4. menunjukkan bahwa proses resapan air rata-rata terjadi selama 50 menit. Setelah 50 menit, maka tanah menjadi jenuh, sehingga air akan terlimpas sebagai air larian. Dengan demikian selama waktu 50 menit tersebut sangat baik jika dapat dimanfaatkan untuk mengupayakan agar air hujan dapat meresap ke dalam tanah secara efektif. Hal ini akan menjadi sulit jika

luas permukaan lahan tertutup dengan lapisan kedap air, yang berupa fasilitas infrastruktur tata guna lahan hunian. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya-upaya untuk memanfaatkan waktu efektif peresapan air tersebut dengan cara pemilihan jenis-jenis bangunan yang tepat. Jenis-jenis bangunan infra struktur yang perlu ditinjau adalah gedung/rumah, jalan, dan saluran drainase.

Rekomendasi Jenis Bangunan Gedung.

Berdasarkan tinjauan geoteknik, khususnya perilaku resapan air dari data uji infiltrasi, maka prinsip perancangan bangunan untuk mengurangi dampak krisis sumber daya air adalah mengupayakan agar pembangunan prasarana direncanakan dan dilaksanakan sedemikian rupa sehingga memiliki tapak bangunan yang kecil. Dengan tapak bangunan yang kecil ini berarti ketertutupan lahan dapat diminimalisasikan.



Gambar 4. Cirian Grafik Infiltrasi.

Salah satu cara meminimalisasikan tapak bangunan gedung, adalah dengan membuat bangunan gedung dengan prinsip rumah panggung, dengan ketentuan sebagai berikut.

- Bangunan terdiri atas gedung atau rumah dengan lantai dasar bangunan diangkat, dan disangga kolom-kolom penyangga.
- Kolom penyangga harus dirancang tahan terhadap beban termasuk gempa sesuai standar nasional indonesia tentang bangunan gedung tahan gempa yang terbaru.
- Bagian dasar bangunan tetap merupakan lahan tanah terbuka, tidak ditutup dengan lapisan kedap air (plesteran beton semen, beton aspal, dsb.).

Gedung dengan konsep rumah panggung sangat sesuai untuk daerah dataran tinggi, karena dapat mengurangi ketertutupan lahan.

Sebagai gambaran, untuk bangunan gedung berukuran 4 m X 4 m, jika dibangun dengan konsep bangunan biasa, maka akan menutup lahan seluas 4 m X 4m = 16 m².

Jika menggunakan rumah panggung, dengan menggunakan 4 kolom beton dengan ukuran 0,3 m X 0,3 m maka lahan yang akan tertutup hanya seluas 4 X 0,3 m X 0,3 m, sama dengan seluas 0,36 m²., sehingga hanya sekitar 2,25 %, atau mengurangi ketertutupan lahan sebesar 97,75 %. Kondisi ini sangat berarti untuk mengurangi dampak krisis sumber daya air.

Rekomendasi Bangunan Jalan

Demikian pula bangunan jalan. Untuk memperkecil luas tanah yang tertutup lapisan kedap air, maka perlu digunakan bangunan jalan layang.

Berdasarkan pertimbangan geoteknik, terkait dengan pengurangan luas ketertutupan lahan, maka jalan layang dapat dijadikan salah satu solusi yang cukup baik.

Sebagai contoh perhitungan, dengan melihat sketsa gambar 5.10, untuk ruas jalan sepanjang 50 meter, dengan lebar badan jalan 4 lajur, dapat diperbandingkan sebagai berikut.

Luas ketertutupan tanah jika digunakan jalan biasa adalah $(3 \text{ m} \times 4 \text{ m} + 2 \text{ m}) \times 50 \text{ m} = 700 \text{ m}^2$.

Dengan menggunakan bentang antar tiang penyangga 25 m, dan untuk masing-masing penyangga menggunakan 2 tiang berukuran 1,5 m X 0,9 m, maka luas ketertutupan lahan menjadi $6 \times 2 \times 1,5 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} = 16,2 \text{ m}^2$, atau hanya sekitar 2,3 % dari jalan biasa. Dengan demikian luas ketertutupan lahan dapat berkurang sebesar 97,7 %.

Di samping itu, dari sisi pertimbangan dampak pertumbuhan wilayah, Jalan layang ini juga dapat menekan pertumbuhan kawasan sekitar jalan, sehingga sangat cocok jika digunakan sebagai alternatif pembangunan jalan di kawasan konservasi sumber daya air atau di kawasan resapan yang harus dibatasi perkembangan tata guna lahannya.

Rekomendasi Perkerasan Halaman Terbuka

Halaman terbuka rumah, dan atau perkantoran yang biasa digunakan sebagai lahan parkir di dataran tinggi sebaian besar menggunakan lapisan beton semen, beton aspal, atau *paving block*. Jenis perkerasan ini jelas sangat kedap terhadap air sehingga merupakan salah satu bagian bangunan yang menutup tanah terbuka. Jenis perkerasan ini memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap penurunan resapan, sekaligus memperbesar limpasan air permukaan (*surface run off*). Untuk halaman yang diperkeras dengan lapisan kedap air, jika digunakan di dataran tinggi akan berdampak pada kecepatan limpasan air yang tinggi, sehingga walaupun dapat mempercepat proses pematusan setempat, akan berdampak pada terjadinya genangan di daerah yang lebih rendah. Oleh karena itu untuk daerah dataran tinggi, jenis perkerasan pada daerah dataran terbuka yang tepat adalah jenis *grass block*.

Dengan menggunakan perkerasan jenis ini, akan didapat penurunan ketertutupan lahan sekitar 50 %. Di samping itu, dengan ketidakrataaan perkerasan *grass block* ini pengaliran limpasan air akan terhambat, sehingga jika terjadi hujan kurang dari 50 menit, air hujan dapat terserap secara efektif ke permukaan tanah.

Rekomendasi Saluran Drainase.

Untuk memperkecil luas ketertutupan lahan, agar resapan air masih dapat terjaga, maka saluran drainase jalan untuk dataran tinggi yang tepat adalah saluran tanpa lapisan perkerasan. Memang untuk lapisan tanpa perkerasan ini memiliki angka kekasaran tinggi, sehingga untuk kemiringan dan ukuran penampang tertentu, kecepatan aliran pada saluran ini lebih lambat jika dibandingkan dengan saluran yang sama tetapi dilapisi dengan lapisan perkerasan berupa plesteran semen.

Saluran drainase rumput yang terdapat pada gambar 5.18 dan 5.19 merupakan saluran yang ramah lingkungan. Namun demikian, untuk menjaga fungsi saluran, perlu dilakukan perawatan geometrik penampangnya secara teratur. Dengan diperlukannya kegiatan perawatan geometrik secara teratur ini, saluran drainase rumput pada dapat menyerap tenaga kerja yang cukup banyak.

Bangunan Peresapan.

Salah satu upaya penanggulangan krisis air tanah adalah pembuatan bangunan peresapan air, berupa sumur resapan dan lubang biopori. Bangunan peresapan air dibuat guna menampung air pada lokasi tertentu, agar air yang tertampung di dalamnya dapat meresap ke dalam tanah.

KESIMPULAN.

Untuk mengurangi ketertutupan lahan perlu digunakan jenis bangunan tepat guna yang memungkinkan proses peresapan air, di antaranya :

- a. Bangunan gedung dengan konsep rumah panggung.
- b. Bangunan jalan layang untuk kawasan konservasi.
- c. *Grass Block* untuk halaman terbuka dan lahan parkir tempat hunian dan perkantoran.
- d. Saluran drainase tanpa perkerasan.

- e. Sumur resapan dengan memperhatikan kepadatan bangunan, daya dukung dan kestabilan tanah.
- f. Penggunaan biopori dengan memperhatikan daya dukung dan kestabilan tanah setempat.

Saran.

- a. Untuk jenis saluran drainase tanpa perkerasan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sistem dan bentuk elemen-elemennya, terutama jika akan diterapkan pada drainase jalan raya.
- b. Pemerintah perlu menyusun peraturan daerah serta proses penekakannya di dalam penentuan jenis-jenis bangunan dengan cara penetapan jenis bangunan berdasarkan zona kondisi topografi dan geologinya.
- c. Penelitian lebih lanjut tentang pengaruh bangunan resapan air terhadap daya dukung dan kestabilan tanah dasar perlu dilakukan untuk dapat menentukan detail bangunan yang lebih baik dalam upaya penanggulangan dampak krisis sumber daya air.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 1987, *Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor. 378/KPTS/1987 Tentang Standar Konstruksi Bangunan.*
- Asdak, Chay, 2002, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press.
- Budihardjo, 2008, *Eko, Tata Ruang Perkotaan*, Penerbit Alumni, Bandung.
- Budihardjo, 2009, *Eko, Kota Berwawasan Lingkungan*, Penerbit Alumni, Bandung.
- Chow, Ven Te, 1959, *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company.
- Dam, MAC., (1997), *The Late Quaternary Evolution of the Bandung Basin*, West-Java Indonesia, Special Publication, Geological Research and Development Centre, Ministry of Mines and Energy.
- Handani, Rochman Djaya Ade, 2008, *Deformasi Vertikal Permukaan Tanah dan Korelasinya Dengan Penurunan Muka Air Tanah*, Bakosurtanal.
- Kodoatie, Robert J., & Sjarief Roestam, 2006, *Pengelolaan Sumber Bencana Terpadu – Banjir, Longsor, Kekeringan dan Tsunami.*, Penerbit Yarsif Watampone, Jakarta.
- Kodoatie, Robert J., & Sjarief Roestam, 2008, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu.*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J., & Sjarief Roestam, 2010, *Tata Ruang Air.*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Narulita, Ida, et.al., (2008), *Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Menentukan Daerah Prioritas Rehabilitasi di Cekungan Bandung*, Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Jilid 18 No. I, LIPI Sangkuriang Bandung.
- Sismiaji, 2009, *Kajian Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Limpasan Air Permukaan di Kota Surakarta*, UMS.
- Tobing, Togar MHL, Dodid Murdohardono, 2008, *Peta Amblesan Tanah*, Dinas Pertambangan, Direktorat Tata Lingkungan.
- Tomas R, Y Marquez, JM Lopez-Sanchez, J Delgado, P Blanco, JJ Mallorqui, S Monica M, Gerardo H and Joaquin M., (2005) : *Mapping Ground Subsidence Induced by Aquifer Overexploitation Using Advanced Differential SAR Interferometry: Vega Media of Segura River (SE Spain) case study.* Remote Sensing of Environment, Spain, 98: 269-283.
- Wahjono, et.al., (2005), *Inventarisasi dan Evaluasi Geologi Lingkungan Metropolitan Bandung*, Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya mineral, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral.