

KAJIAN PEMBANGUNAN SISTEM DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN DI KAWASAN PERUMAHAN

¹ NURHAPNI, ² HANI BURHANUDIN

¹ Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik,
Universitas Islam Bandung
Jl. Tamansari No. 1 Bandung, 40116

² Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik,
Universitas Islam Bandung
Jl. Tamansari No. 1 Bandung, 40116

ABSTRACT

Development will basically change the natural conditions, the establishment of residential land will make a watertight result in disruption of the hydrological balance. Increased run off due to the closing of the land by residential buildings should be designed so that the flow will not quickly disappear but could still be converted into ground water reserves. Filosopfi Green Building build inspirasi how housing can be designed environmentally friendly. Channeling rain water (drainage) environmentally sound residential area enabled it pursued a number of run-off water (run off) the dialirkannya. Pavement drains, yard, road construction and water seeped infiltration wells with RTH is a reliable means to realize an environmentally friendly housing.

Hydrologic analysis is required as a basis for converting rainwater that falls in a residential area into a run-off discharge is generated. By obtaining subsequent runoff discharge channel hydraulic analysis was performed to evaluate the use of construction of water channels that qualify are eligible to do. Hydrologic analysis is also needed to calculate the number of facilities required infiltration wells. Meanwhile, to calculate RTH needs and building water passes used standards that can be applied to the residential areas.

Keywords: *systems, drainage, environment, housing*

Pendahuluan

Penyaluran air hujan bersistem merupakan salah satu bentuk upaya peningkatan kualitas lingkungan seiring meningkatnya semangat pembangunan perkotaan. Alih fungsi lahan akan menghantarkan perilaku hidrologis kawasan menuju ketidakseimbangan yang biasanya diindikasikan oleh karena meningkatnya run off. Pengembangan lahan terbangun sebagai indikator meningkatnya kegiatan perkotaan merupakan bagian dari proses perubahan lahan yang pada akhirnya akan meningkatkan aliran permukaan (*surface run off*). Fenomena dimana ada kejadian banjir

di musim hujan dan krisis air di musim kemarau merupakan sebuah gejala dari ketidakseimbangan tersebut. Sejalan dengan semangat pembangunan perkotaan berbasis konservasi (green city), konsep penyaluran air hujan melalui pengaliran secepat mungkin ke badan pembuang sudah mulai ditinggalkan.

Pembangunan saluran drainase berwawasan lingkungan (SDBL) merupakan koreksi terhadap pengelolaan limpasan hujan yang boros tanpa kendali sehingga kurang mengindahkan tujuan konservasi air. Melalui pembangunan SDBL limpasan air dari daerah hulu dihambat sementara untuk memberikan kesempatan sebesar mungkin air meresap ke

dalam tanah. Sementara di bagian hilir diupayakan aliran secepat mungkin untuk menghindari tumpukan air yang dapat berakibat banjir. Pembangunan sumur dan kolam resapan, saluran tidak kedap, penanaman pohon, pemakaian material lolos air untuk halaman atau jalan merupakan konsep yang dapat diterapkan untuk menyukseskan pembangunan SDBL.

Meningkatnya jumlah penduduk beserta kegiatan ekonominya akan berimbas pada kebutuhan lahan terutama untuk pembangunan perumahan. Dengan berbagai spesifikasinya, perumahan merupakan salah satu faktor yang dapat memicu peningkatan run-off. Semakin besar angka koefisien daerah bangunan (KDB) yang terjadi semakin besar pula volume run-off. Besarnya porsi pemanfaatan lahan untuk perumahan menggiring perhatian pemerintah untuk semaksimal mungkin mengurangi dampak peningkatan run off tersebut. Sistem drainase berikut kelengkapan penunjangnya perlu dirancang sedemikian rupa melibatkan berbagai perhitungan hidrologis dan aplikasi penggunaan materi lain yang berorientasi pada upaya konservasi.

Drainase

Pada dasarnya drainase berasal dari bahasa Inggris yaitu *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Atau dalam bidang teknik sipil, drainase adalah suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu. Drainase juga dapat diartikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu.

Drainase Permukiman Berwawasan Lingkungan

Drainase permukiman merupakan sarana atau prasarana di permukiman untuk mengalirkan air hujan, dari suatu tempat ke tempat lain. Pengembangan permukiman di perkotaan yang demikian pesatnya, mengakibatkan makin berkurangnya daerah resapan air hujan, karena meningkatnya luas daerah yang ditutupi oleh perkerasan dan mengakibatkan waktu berkumpunya air (time of concentration) jauh lebih pendek, sehingga akumulasi air hujan yang terkumpul melampaui kapasitas drainase yang ada. Hal ini sering ditunjukkan dengan terjadinya air yang meluap dari saluran drainase baik di perkotaan, maupun di permukiman secara khusus, sehingga terjadi genangan air bahkan akan terjadi banjir yang mengganggu aktivitas masyarakat.

Sedangkan drainase berwawasan lingkungan dapat diartikan sebagai upaya mengalirkan dan meresapkan sebagian air hujan yang mengalir melewati saluran-saluran air hujan pada suatu kawasan atau lahan. Selain fungsi lahan tersebut tidak terganggu akibat banjir, air yang meresap dapat dijadikan cadangan sumber air. Sunjoto, (1987) memberikan pengertian sistem drainase berwawasan lingkungan adalah usaha menampung air yang jatuh di atap pada suatu reservoir tertutup di halaman masing-masing atau secara kolektif untuk memberikan kesempatan air meresap ke dalam tanah dengan harapan sebanyak mungkin air hujan diresap ke dalam tanah.

Berdasarkan beberapa literatur dapat diketahui bahwa ciri-ciri drainase permukiman dapat terlihat dari konstruksinya yang dapat menyerap air (biasanya menggunakan pasangan batu kali), dimensi yang sesuai (dapat menampung, mengalirkan dan menyerap air hujan), dilengkapi sumur resapan, pemasangan paving blok di halaman atau pekarangan rumah dan jalan-jalan lingkungan dan adanya ruang terbuka hijau di kawasan tersebut.

Bentuk bangunan peresap dapat berupa : sumur peresap, parit, peresap, perkerasan lulus

air, saluran drainase berlubang, situ retensi di lapangan parkir dan sebagainya, dipilih berdasarkan tujuan penerapan bangunan peresap, kondisi alam dan lingkungan pada daerah sekitar rencana alokasi, aspek keamanan, estetika, dan biaya yang tersedia. Bangunan peresap ini berfungsi untuk : Mengimbangi perubahan penggunaan lahan, mengurangi banjir dan genangan local, mengurangi beban dan mencegah kerusakan sarana drainase permukaan, menambah cadangan cadangan air tanah sebagai usaha konservasi air.

Jenis Drainase Permukiman Berwawasan Lingkungan

Drainase Saluran

Fungsi saluran ini adalah untuk mengalirkan limpasan air hujan ke badan peresap. Dan tujuannya adalah untuk menjaga keseimbangan sistem tata air di lingkungan. Persyaratan umum drainase saluran adalah (1) Air yang masuk adalah air hujan yang tidak tercemar, bukan air limbah (2) mampu mengalirkan serta meresapkan sebagian air hujan kedalam tanah dengan kecepatan tertentu (3) dipasang di atas tanah yang stabil

Dalam drainase saluran ini terdapat kriteria yang mendukung terutama dalam hal konstruksi saluran sehingga dalam kecepatan pengalirannya masih mampu meresapkan air hujan. Beberapa kriteria dalam penggunaan konstruksi saluran dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1
Kecepatan Aliran yang Dijinkan pada Bahan Dinding dan Dasar Saluran

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Ijin (m/dt)
Pasir halus	0,045
Lempung kepasiran	0,050
Lanau aluvial	0,060
Kerikil halus	0,075
Lempung keras/kokoh	0,075
Lempung padat	1,100
Kerikil kasar	1,200
Batu-batu besar	1,500
Beton-beton bertulang	1,500

Sumber : Drainase Perkotaan, Ir. H. A. Halim Hasmar, MT, UII Press, 2002

Keterangan : kecepatan saluran yang dianjurkan adalah 0,6 m/det – 3 m/det

Drainase Sumuran/Sumur Resapan Air Hujan

Sumur Resapan Air Hujan (SRAH adalah prasarana untuk menampung dan meresapkan air kedalam tanah. Air hujan yang ditampung dan diresapkan, berasal dari bidang tanah, atap bangunan dan permukaan tanah yang dikedapkan untuk menjaga keseimbangan sistem tata air di lingkungan permukiman. hanya menampung SRAH air hujan, bukan air limbah. Manfaat yang dapat diperoleh dengan pembuatan sumur resapan air antara lain : (1) mengurangi aliran permukaan dan mencegah terjadinya genangan air, sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya banjir dan erosi, (2) mempertahankan tinggi muka air tanah dan menambah persediaan air tanah, (3) mengurangi atau menahan terjadinya intrusi air laut bagi daerah yang berdekatan dengan wilayah pantai, (4) mencegah penurunan atau amblesan lahan sebagai akibat pengambilan air tanah yang berlebihan, dan (5) mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah (Dephut, 1995).

Sumur resapan air ini berfungsi untuk menambah atau meninggikan air tanah, mengurangi genangan air banjir, mencegah intrusi air laut, mengurangi gejala amblesan tanah setempat dan melestarikan serta menyelamatkan sumberdaya air untuk jangka panjang (Pasaribu, 1999). Penerapan sumur resapan pada areal maksimal 5 Ha dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 2
Penerapan Sumur Resapan Air Hujan Pada Areal Maksimal 5 Ha

No	Tipe Rumah dan Resapan Luas Tanah Tiap rumah	Jumlah Rumah (Unit)	Luas Bidang Tadah Tiap Rumah, minimal (M2)	Minimal Sumur Yang Terpasang di Areal Perumahan, Ø 80 m2
1	T.21/60	150	18	1 buah
2	T.36/75	120	27	1 buah
3	T.45/90	100	32	2 buah
4	T.70/110	28	47	3 buah

Sumber : Modul Drainase Permukiman, Puslibang Permukiman, 2006

Dalam proses pembuatan sumur resapan air dapat dirancang dua pola penerapan yaitu: a) pembuatan secara kolektif (berdasarkan blok-blok rumah, atau untuk satu kawasan perumahan); dan b) pembuatan per-tipe rumah. Pembuatan sumur resapan air per-blok dalam suatu kawasan perumahan harus direncanakan sejak dari awal oleh kontraktor atau developer. Pada siteplan sudah nampak jelas alokasi lahan untuk pembangunan sumur resapan air pada setiap blok (per-blok bisa terdiri dari 10 rumah atau lebih).

Paving Block dan Grass Block

Paving block adalah suatu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen hidrolis atau sejenisnya, agregat dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut. Sedangkan Grass Block adalah suatu elemen bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen yang dibuat berlubang-lubang sehingga di bagian dalam lubang dapat dipadukan dengan rumput. Paving block dipergunakan untuk mengalirkan air hujan di permukaan bumi ke lapisan pasir di bawahnya melalui celah-celah antar paving block, sedangkan grass block dipergunakan untuk membantu penyerapan air ke tanah melalui lubang-lubang yang berumput.

Fungsinya adalah untuk mengurangi kecepatan erosi tanah, khususnya pada tanah yang miring dan menghambat penguapan air tanah dibawahnya sehingga dapat menjaga kelembaban dan keseimbangan air tanah. Biasanya pada suatu permukiman paving block ini dipasang di setiap halaman rumah-rumah di permukiman tersebut. Persyaratan umum digunakannya paving block adalah air yang meresap melalui celah paving block adalah air hujan yang tidak tercemar/limbah dan paving block tidak digunakan pada jalan yang dilalui oleh kendaraan berat. Sedangkan persyaratan teknis untuk menggunakan paving block ini adalah sebagai berikut : (1) Bentuk dan ukuran paving blok, bentuk dan ukuran dari paving block ini berguna untuk aspek

estetika dari lingkungan (2) Pasir pengisi celah-celah antar block harus memenuhi persyaratan fisik sbb : kadar air maks. 5,0 %, kadar lumpur maks. 10,0 %, pasir harus berbutir tajam, lolos ayakan 2,4 mm (3) Pasir alas harus memenuhi persyaratan fisik sbb: kadar air maks. 10,0 %, kadar lumpur maks. 5,0 %, diameter butir maks.9,6 mm

Ruang Terbuka Hijau

Secara teoritis, yang dimaksud dengan ruang terbuka (*Open Space*) oleh Gallion yaitu ruang yang berfungsi antara sebagai tempat bermain aktif untuk anak-anak, orang dewasa dan sebagai areal konservasi lingkungan hijau (Gallion, 1959:282). Bentuk dan jenis ruang terbuka yang ada di kota dapat berbeda, tergantung dari fungsi yang diembannya.

Penghijauan di perkotaan atau di suatu wilayah dapat meningkatkan produksi oksigen, mengurangi pencemaran udara, dan meningkatkan kualitas iklim mikro. Air hujan yang turun diserap oleh tanah, kemudian menguap kembali. Dengan demikian, tanaman ikut berperan dalam mengelola air hujan dan berperan juga dalam upata kegiatan konservasi air tanah. Pada tabel berikut ini dijelaskan mengenai hasil tumbuh-tumbuhan sebagai peningkat kualitas lingkungan kota.

Tabel 3
Hasil Tumbuh-Tumbuhan Sebagai Peningkat Kualitas Lingkungan

	1 Pohon berumur 100 Tahun	Tumbuh-Tumbuhan* Seluas 1 Ha
Produksi Oksigen	1,7 Kg/jam	600 kg/hari
Penerimaan Karbon dioksida	2.35 Kd/jam	900 kg/hari
Zat arang yang terikat	6 ton	-
Penyaringan debu	-	Sampai 85%
Penguapan air dan penyerapan air	500 Lt/hari	-
Penurunan suhu	-	Sampai 4oC

Sumber : *Arsitektur Ekologis*, Heinz Frick dan Tri Hesti Mulyani, Kanisius, 2005

* Tumbuh-tumbuhan dalam hal ini berarti pohon peneduh, perdu, semak belukar, dan tamana hias berbunga dengan sedikit sekali rumput.

Vegetasi untuk RTH Permukiman (menggunakan pohon-pohon tahunan, pohon-pohon dipilih dari jenis tidak berduri, tidak bergetah, tidak beracun, kuat, dan jika memungkinkan berbunga), seperti : Teh-tehan, Sablo laut, Jahe merah, Krokot belanda, Rumput paitan, Pepaya, Cemara Kasuarina, Palembang Kuning, Puring, Taiwan Beauty, Cemra Papua, Pangkas Kuning, Pangkas Hijau, Soka Kecil, Cemara Lilin, Cakar Kucing, Rumput Hijau Putih, Pinus Raja, Pinus, Portulaka, Adam & Hawa, Sansevieria hijau, Spatodea, Mahoni, Ketapang, Cemara Kipas, Rumput Manila.

Pembahasan

Kondisi Wilayah Kajian

Wilayah kajian meliputi 3 perumahan yang ada di Kecamatan Ujung Berung Kota Bandung. Pengamatan di daerah ini karena memiliki keterikatan wilayah DAS hulu dari Sungai Cinambo yang saat ini sudah menjadi issue nasional karena sungai ini terletak di lokasi yang merupakan asset nasional peti kemas Gedebage. Sungai Cinambo ini sudah over capacity akibat tumpahan run off dari daerah hulunya yang semakin hari semakin membesar. Peruntukan perumahan merupakan dominasi terbesar yang menutupi hamparan DAS Cinambo bagian hulu ini termasuk didalamnya adalah 3 perumahan yang dijadikan kajian. Adapun 3 perumahan dimaksud adalah Graha Winaya di Kelurahan Pasirwangi, Pasanggrahan Endah di Kelurahan Pasanggrahan dan Restu Wisnu Nugraha di Kelurahan Pasirjati.

Gambaran selengkapnya mengenai rencana pembangunan perumahan di 3 perumahan ini dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4
Rencana Penggunaan Lahan di Perumahan Graha Winaya

Perumahan	Luas Wilayah Tangkapan Air (Ha)	Rencana Pembangunan Lahan Jenis Penggunaan	Luas (Ha)
Graha Winaya	3,902	Rumah Tipe 21/40	1,800

Perumahan	Luas Wilayah Tangkapan Air (Ha)	Rencana Pembangunan Lahan Jenis Penggunaan	Luas (Ha)
Pasanggrahan Endah	1,715	Rumah tipe 36/70	1,470
		Taman	0,119
		Mesjid	0,038
		Sarana Olahraga	0,020
		Jalan	0,445
		Rumah Tipe 21/40	0,512
		Rumah tipe 36/60	0,672
		Rumah Tipe 45/90	0,360
		Taman	0,030
		Mesjid	0,028
		Sarana Olahraga	0,009
		Pos Satpam	0,002
		Kantor Pemasaran	0,004
Jalan	0,098		
Restu Wisnu Nugraha	3,902	Rumah Tipe 21/40	1,800
		Rumah tipe 36/70	1,470
		Taman	0,119
		Mesjid	0,038
		Sarana Olahraga	0,020
		Jalan	0,445

Sumber : Nurhapni, 2008

Pembangunan Drainase Saluran

Pembangunan drainase saluran sangat erat kaitannya dengan kemampuan struktur saluran dalam meresapkan air. Namun demikian, penggunaan konstruksi saluran juga harus disesuaikan dengan persyaratan hidrolis saluran terutama hubungannya dengan tingkat kecepatan pengaliran yang dihasilkan. Untuk mendapatkan rancangan struktur saluran ini diperoleh melalui serangkaian hitungan hidrologis sebagai berikut.

Analisa Debit Limpasan

Analisa hidrologi

Analisis hidrologi atau analisis curah hujan dalam perencanaan sistem jaringan drainase ini bertujuan untuk mendapatkan nilai curah hujan maksimum yang terjadi selama 24 jam (R 24). Untuk mendapatkan nilai curah hujan

maksimum ini dilakukan melalui serangkaian perhitungan dengan menggunakan Metode Gumbel seperti dijelaskan pada rumus berikut :

$$X_t = X + kS_x$$

Dimana :

X_t : x yang terjadi dalam kala ulang t tahun, mm/hari atau mm/24 jam

X : rata-rata dari data curah hujan(mm)

k : konstansta (dapat dilihat pada **Tabel 3.2**)

S_x : standard deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X)^2}{(n - 1)}}$$

Dimana :

n : jumlah data

X_i : data maksimum setiap tahun

S_x : standard deviasi

Untuk Y_n dan S_n (besaran yang merupakan fungsi dari jumlah pengamatan (n) menggunakan rumus :

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad \text{dan} \quad Y_t = -Y_n(-\ln(\frac{t-1}{t}))$$

Y_t merupakan reduksi sebagai fungsi dari probabilitas dan t merupakan jumlah tahun kala ulang. Untuk melihat nilai Y_t, S_n dan Y_n dapat dilihat pada **Tabel 5**, **Tabel 6**, **Tabel 7**, **Tabel 8** dan **Tabel 9** berikut ini.

Tabel 5
Faktor Frekuensi Untuk Nilai Ekstrim (k)

n	Kala Ulang						
	10	20	25	50	75	100	1000
15	1,703	2,410	2,632	3,321	3,721	4,005	6,265
20	1,625	2,302	2,517	3,179	3,563	3,836	6,6006
25	1,575	2,235	2,444	3,088	3,463	3,729	5,843
30	1,541	2,188	2,393	3,026	3,393	3,653	5,727
40	1,495	2,126	2,326	2,943	3,301	3,554	5,467
50	1,466	2,086	2,283	2,889	3,241	3,491	5,487
60	1,466	2,059	2,253	2,852	3,200	3,446	
70	1,430	2,038	2,230	2,824	3,169	3,413	5,359
75	1,423	2,029	2,220	2,812	3,155	3,400	
100	1,401	1,998	2,187	2,770	3,109	3,349	5,261

Sumber : Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan debit Banjir"

Tabel 6
Harga Y_t Sebagai Fungsi T

T	Y _t	T	Y _t
1,01	-1,53	20	2,97
1,58	0,00	50	3,90
2,00	0,37	100	4,60
5,00	1,50	200	5,30
10,00	2,25		

Sumber : Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan debit Banjir"

Tabel 7
Simpangan Baku Tereduksi (S_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,94	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05
20	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11
30	1,11	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
50	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
60	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
70	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
80	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
90	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
100	1,20									

Sumber : Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan debit Banjir"

Tabel 8
Rata-Rata Tereduksi (Y_n)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
,495	,499	,503	,507	,510	,512	,515	,518	,520	,522	10
,523	,525	,526	,528	,529	,530	,532	,533	,534	,535	20
,536	,537	,538	,538	,539	,540	,541	,541	,542	,543	30
,543	,544	,544	,545	,545	,546	,546	,547	,547	,548	40
,548	,549	,549	,549	,550	,550	,550	,551	,551	,551	50
,552	,552	,552	,553	,553	,553	,553	,554	,554	,554	60
,554	,555	,555	,555	,555	,555	,556	,556	,556	,556	70
,556	,557	,557	,557	,557	,558	,558	,558	,558	,558	80
,558	,558	,558	,559	,559	,559	,559	,559	,559	,559	90
,560	100									

Sumber : Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan debit Banjir"

Tabel 9
Hubungan Antara Kala Ulang Dengan Faktor Reduksi (Y_t)

Kala Ulang (Tahun)	Faktor Reduksi (Y _t)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan debit Banjir"

Berdasarkan serangkaian proses perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus di atas, maka dari 29 tahun pengamatan

curah hujan dari Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Cibiru Kelas I, diperoleh curah hujan (R24) kala ulang 2-100 tahun seperti dijelaskan pada **Tabel 10**

Tabel 10
Curah Hujan Harian Maksimum di Kawasan Studi

Kala ulang (tahun)	R24 (mm/jam)
2	99,4230
5	128,3237
10	147,4552
25	171,6354
50	189,5693
100	207,3714

Sumber : Nurhapni, 2008

Nilai R24 yang dipergunakan dalam kebutuhan analisis sistem drainase permukiman menurut Petunjuk Teknis Penyediaan Prasarana Drainase Kawasan Perumahan dari Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah adalah nilai R24 pada periode ulang hujan (PUH) 2 tahun. Oleh karena itu nilai R 24 yang dipergunakan adalah 99,4230 mm/24 jam. Nilai PUH ini dipergunakan untuk ketiga perumahan studi untuk sebagai salah satu langkah untuk menghitung intensitas hujan.

Analisa intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui nilai intensitas hujan yang akan diterima oleh saluran-saluran drainase di wilayah studi. Perhitungan intensitas curah hujan di wilayah studi dilakukan dengan menggunakan rumus Mononobe. Besar intensitas curah hujan sangat tergantung pada besarnya waktu konsentrasi (Tc) dari aliran limpasan di wilayah tersebut. Waktu konsentrasi hujan adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirnya air dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu yang ditinjau pada daerah pengaliran. Perhitungan intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot (24/tc)^{2/3}$$

Dimana :

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
R24 : curah hujan maksimum yang terjadi selama 24 jam
Tc : waktu konsentrasi (jam)

$$tc = 0,0195 L^{0,77} S^{-0,385}$$

Dimana :

L : Panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau (m)
S : Kemiringan dasar saluran

Analisis Perhitungan Debit Limpasan (Q)

Air Limpasan/larian (*run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau, dan lautan. Air hujan yang tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Air larian berlangsung ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah. Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan debit limpasan (*run off*) sebagai masukan untuk arahan sistem drainase permukiman yang berwawasan lingkungan di wilayah studi. Perhitungan debit rencana untuk saluran drainase di daerah perkotaan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus rasional. Secara kuantitatif besarnya limpasan air permukaan dapat dihitung dengan menggunakan Metoda rasional, Mulvaney (1850) sebagai berikut :

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Dengan :

Q = debit puncak (m³/detik)
C = koefisien pengaliran rata-rata di Daerah Tangkapan Air
I = Intensitas hujan (mm/jam)
A = Luas daerah tangkapan air (ha)
I = intensitas hujan (mm/jam)

Untuk mengetahui besar koefisien pengaliran rata-rata (c) terlebih dahulu harus diketahui koefisien pengaliran (c) untuk setiap jenis guna lahan di wilayah studi. Besar koefisien pengaliran ini didapat dari hasil studi empiris yang diambil dari U.S Forest Service,

1980 dan William M. Marsh, 1991. Selanjutnya dihitung besar koefisien pengaliran rata-rata (c) dengan rumus sebagai berikut :

$$C_r = \frac{\sum C_i \cdot A_i + \dots + C_n \cdot A_n}{\sum A_i + \dots + A_n}$$

Dengan

C : koefisien pengaliran rata-rata wilayah studi

C_i : koefisien pengaliran hasil studi empiris untuk guna lahan i

A_i : luas jenis guna lahan i

A : luas total daerah tangkapan air

Selain menggunakan rumus diatas untuk memperoleh koefisien limpasan atau koefisien aliran (C) dapat digunakan **Tabel 11**

Tabel 11
Koefisien Run Off (C) Berdasarkan Jenis Penggunaan Lahan

Guna Lahan	C Minimum	C Maksimum
Gedung/bangunan beratap	0,75	
Kebun (Tanah datar 0-5%)	0,3 (landai 5-10%)	0,4
Perumahan tidak begitu rapat (20 rumah/ha)	0,25	0,40
Perumahan kerapatan sedang (21-60 rumah/ha)	0,40	0,70
Perumahan rapat (61-160 rumah/ha)	0,70	0,80
Rumput	0,10	0,16
Sawah irigasi	0,40	0,40
Sawah tadah hujan	0,30	0,30
Tanah ladang	(Tanah datar 0-5%) 0,3	(landai 5-10%) 0,4
Belukar/semak	0,40	0,40
Hutan	(Tanah datar 0-5%) 0,1	(landai 5-10%) 0,25
Rekreasi	0,20	0,30
Fasilitas umum	0,50	0,75
Taman	0,10	0,25
Perdagangan/komersial/ bisnis dan perkantoran	0,70	0,95
Daerah stasiun Kereta Api	0,20	0,40
Industri	0,50	0,90
Perkerasan aspal	0,80	0,90

Sumber : US Forest Service, 1980, William M. Marsh, 1991, SNI 03-3423-1994, Halim Hasmar

Melalui serangkaian perhitungan di atas, maka besarnya debit limpasan di tiap blok perumahan dapat diperlihatkan seperti pada tabel berikut :

Tabel 12
Debit Run Off di Kawasan Perumahan yang Diteliti

Perumahan	Kondisi Hidrolis Minimum			
	Luas tangkapan (Ha)	Koefisien limpasan	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit (m3/det)
Blok A				
Jaringan -1	0,119	0,7	180,302	0,0418
Jaringan -2	0,07	0,7	230,097	0,0313
Jaringan -3	0,04	0,7	255,925	0,0199
Jaringan -4	0,032	0,7	364,135	0,0227
Blok B				
Jaringan -1	0,108	0,7	293,811	0,0617
Jaringan -2	0,075	0,7	361,195	0,0527
Jaringan -3	0,008	0,7	234,365	0,0862
Jaringan -4	0,008	0,7	555,401	0,0086
Jaringan -5	0,012	0,7	623,164	0,0146
Jaringan -6	0,002	0,7	1195,503	0,0047
Blok C				
Jaringan -1	0,252	0,7	173,092	0,0706
Jaringan -2	0,129	0,7	215,165	0,0540
Jaringan -3	0,014	0,7	717,093	0,0195

Perumahan	Kondisi Hidrolis Maximum			
	Luas tangkapan (Ha)	Koefisien limpasan	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit (m3/det)
Blok A				
Jaringan -1				
Jaringan -2	1,038	0,7	254,776	0,5348
Jaringan -3	1,064	0,7	313,332	0,6488
Jaringan -4	1,681	0,7	367,255	1,2014
Blok B				
Jaringan -1				
Jaringan -2				
Jaringan -3				
Jaringan -4	0,509	0,7	533,024	0,5280
Jaringan -5	0,44	0,7	505,182	0,4326
Jaringan -6	0,454	0,7	519,999	0,4594
Blok C				
Jaringan -1	0,843	0,75	210,696	0,3703
Jaringan -2				
Jaringan -3	1,323	0,7	254,518	0,6553

Sumber : Nurhapni, 2008

Penggunaan Bahan Saluran Lolos Air

Penggunaan bahan saluran yang mampu meloloskan air hujan pada dasarnya harus tetap mengacu kepada persyaratan teknis hidrolis saluran terutama dilihat dari indikator kecepatan pengaliran dengan batas minimum 0,6 meter/detik sampai dengan batas maksimum 3,0 meter/detik. Dengan bahan saluran menggunakan pasangan batu kali diperoleh kecepatan seperti dijelaskan pada Tabel berikut :

Tabel 13
Kondisi Hidrolis Saluran Kontruksi
Berbahan Pasangan Batu Kali

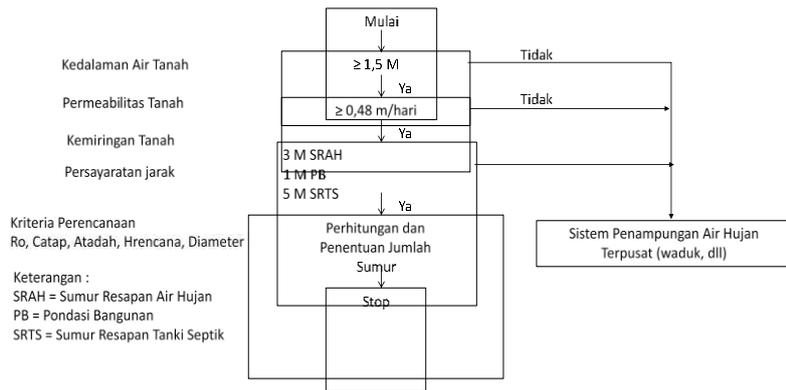
Perumahan	Kondisi Hidrolis Minimum			
	Debit (m ³ /det)	Kecepatan (m/det)	Dimensi Saluran (m)	
			Lebar	Tinggi
Blok A				
Jaringan -1	0,0418	1,2	0,26	0,13
Jaringan -2	0,0313	0,6	0,32	0,16
Jaringan -3	0,0291	0,7	0,28	0,14
Jaringan -4	0,0251	0,7	0,28	0,14
Blok B				
Jaringan -1	0,0617	1,4	0,3	0,15
Jaringan -2	0,0527	1,4	0,26	0,13
Jaringan -3	0,0862	1,7	0,32	0,16
Jaringan -4	0,0632	0,6	0,2	0,10
Jaringan -5	0,0146	0,6	0,22	0,11
Jaringan -6	0,0321	0,7	0,30	0,15
Blok C				
Jaringan -1	0,0706	1,4	0,36	0,18
Jaringan -2	0,0540	1,1	0,32	0,16
Jaringan -3	0,0522	1,1	0,20	0,10

Perumahan	Kondisi Hidrolis Maksimum			
	Debit (m ³ /det)	Kecepatan (m/det)	Dimensi Saluran (m)	
			Lebar	Tinggi
Blok A				
Jaringan -1				
Jaringan -2	0,5348	1,7	0,78	0,39
Jaringan -3	0,2198	2,7	0,4	0,2
Jaringan -4	0,5546	2,9	0,72	0,36
Blok B				
Jaringan -1				
Jaringan -2				
Jaringan -3				
Jaringan -4	0,528	2,7	0,64	0,32
Jaringan -5	0,4326	2,9	0,36	0,18
Jaringan -6	0,4594	3	0,64	0,32
Blok C				
Jaringan -1	0,3703	2,1	0,58	0,29
Jaringan -2				
Jaringan -3	0,4097	3	0,58	0,29

Sumber : Nurhapni, 2007

Penggunaan Sumur Resapan

Secara garis besar langkah perlu tidaknya pembangunan sampah berikut kriteria penempatannya dapat dijelaskan pada bagan alir berikut :



Gambar 1 Urutan Langkah Dalam Perencanaan SRAH

Perhitungan Volume Andil Banjir

Untuk menghitung volume andil banjir digunakan rumus berikut :

$$V_{ab} = 0,855 \cdot C_{tadiah} \cdot A_{tadiah} \cdot R$$

Dimana :

V_{ab} = volume andil banjir yang akan ditampung sumur resapan (m³)

C_{tadiah} = koefisien limpasan dari bidang tadah (tanpa satuan)

A_{tadiah} = luas bidang tadah (m²)

R = tinggi hujan harian rata-rata (L/m²/hari)

Volume Air Hujan Yang Meresap

Untuk menghitung volume air hujan yang meresap digunakan rumus berikut :

$$V_{rsp} = \frac{T_e}{24} + A_{total} \cdot K$$

Dimana :

V_{rsp} = volume air hujan yang meresap (m³)

t_e = durasi hujan efektif (jam)

$$= 0,9 \cdot R_{0,92} / 60 \text{ (jam)}$$

R = tinggi hujan harian rata-rata (L/m²/hari)

A_{total} = luas dinding sumur + luas alas sumur (m²)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/hari) (untuk dinding yang kedap, nilai K_v = K_h, untuk dinding tidak kedap diambil nilai K_{rata-rata}).

$$K_{rata-rata} = \frac{K_v \cdot A_h + K_h \cdot A_v}{A_{total}}$$

Dimana :

Krata-rata = koefisien permeabilitas tanah rata-rata (m/hari)

Kv = koefisien permeabilitas tanah pada dinding sumur (m/hari) = 2Kh

Kh = koefisien permeabilitas tanah pada alas sumur (m/hari)

Ah = luas alas sumur dengan penampang lingkaran = 4 () luas alas sumur dengan penampang segi empat = P.L (m²)

Av = luas dinding sumur dengan penampang lingkaran = D.H (m²) Luas dinding sumur dengan penampang segi empat = 2.P.L (m²)

Volume Penampungan (Storasi) Air Hujan

Untuk menghitung volume storasi digunakan rumus berikut :

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp}$$

Penentuan Jumlah Sumur Resapan

Penentuan jumlah sumur resapan, terlebih dahulu menghitung HTotal sebagai berikut :

$$H_{total} = \frac{V_{ab}-V_{rsp}}{A_h} \quad n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}}$$

Dimana :

n = jumlah sumur resapan air hujan (buah)

HTotal = kedalaman total sumur resapan air hujan (m)

HRencana = kedalaman yang direncanakan < kedalaman air tanah (m)

Berdasarkan analisis- analisis sebelumnya diketahui di Blok A, B dan C memiliki nilai koefisien limpasan (C) adalah 0,6. Diameter bidang alas tadah (D) yang direkomendasikan Tabel IV.16 untuk area perumahan adalah 1 M, nilai luas perumahan blok A adalah 3,902 Ha atau 39020 m², luas perumahan Blok B adalah 1,715 Ha atau 17150 m², dan luas perumahan Blok C adalah 2,295 Ha atau 22950 m. Tinggi hujan rata-rata (R) adalah 103,72 mm/tahun dengan jumlah rata-rata hari hujan pertahun adalah 176 hari maka nilai R menjadi atau 0,589 mm/hari.

Tabel 14
Kebutuhan Sumur Resapan Pada Kawasan Perumahan Kecamatan Ujungberung

Blok perumahan	Cura h Hu ja n (mm /tahun)	Vab (m3)	Vr sp (m 3)	Vsto rasi (m3)	Jumlah SR
Blok A	103,72	11,790	0,001	11,789	8
Blok B		5,182		5,181	4
Blok C		6,934		6,933	5

Sumber : Nurhapni, 2008

Pemasangan Paving Block

Tujuan dilakukannya analisis ini adalah untuk mengetahui luasan tutupan lahan menggunakan paving blok sebagai salah satu sarana penunjang upaya konservasi air tanah. Penerapan lokasi paving blok adalah di perkerasan halaman dengan kemiringan daerah 0 - 30 %, Perkerasan jalan setapak untuk berbagai kondisi kemiringan daerah, dan Perkerasan jalan lalu lintas (menerima beban kendaraan). Analisis yang akan dipergunakan untuk menentukan penempatan dan bentuk paving block adalah analisis kualitatif dengan melihat kriteria-kriteria pada tabel berikut . Paving block ini merupakan salah satu alternatif sebagai upaya pencegah banjir untuk masing-masing rumah. Penerapan lokasi paving blok adalah di perkerasan halaman dengan kemiringan daerah 0 - 25 %, Perkerasan jalan setapak untuk berbagai kondisi kemiringan daerah, dan Perkerasan jalan lalu lintas (menerima beban kendaraan). Analisis yang akan dipergunakan untuk mengetahui luasan penempatan dan bentuk paving block adalah analisis kualitatif dengan melihat kriteria-kriteria pada tabel berikut.

Tabel 15
Penerapan Paving Block Sesuai Tipe Rumah

No	Tipe Rumah dan Resapan	Luas Tanah Tiap Sisa Lahan Terbuka (m2)	Areal Paving Block yang dipasang (m2)
1	T.21/60	39	10

No	Tipe Rumah dan Resapan	Luas Tanah Tiap Sisa Lahan Terbuka (m2)	Areal Paving Blok yang dipasang (m2)
2	T.36/75	39	12
3	T.45/90	45	15
4	T.70/110	50	20

Sumber : Modul Drainase Permukiman, Puslibang Permukiman, 2006

Tabel 16
Kebutuhan Paving Blok di Wilayah Studi

Guna Lahan	Areal yang dipasang Paving Blok	Bentuk Paving Blok	Kapasitas per m2	Luas Areal Pemasangan Paving blok (m2)	Jumlah Paving Blok (buah)
Perumahan Graha Winaya (Blok A)					
Rumah Tipe 21/40	10	Segi enam	25	4.500	112.500
Rumah Tipe 36/60	12	Segi enam	25	2.250	63.000
Jalan	Seluruh jalan	Segi empat	50	4.450	222.500
Luas Total Areal Pemasangan Paving Blok				11.470	
Perumahan Pasanggrahan Endah (Blok B)					
Rumah Tipe 21/40	10	Segi empat	50	1.280	64.000
Rumah Tipe 36/60	12	Segi empat	50	1.344	67.200
Rumah Tipe 45/90	5	Segi empat	50	600	30.000
Jalan	Seluruh jalan	Segi empat	50	980	49.000
Luas Total Areal Pemasangan Paving Blok				4.204	210.200
Perumahan Wisnu Restu Nugraha (Blok C)					
Rumah Tipe 36/70	12	Segi enam	25	1.716	42.900
Rumah Tipe 45/90	15	Segi enam	25	1.635	40.875
Jalan	Seluruh jalan	Segi empat	50	880	44.000
Luas Total Areal Pemasangan Paving Blok				4.231	

Sumber : Nurhapni, 2008

Pengadaan Ruang Terbuka Hijau

Untuk menghitung kebutuhan ruang terbuka hijau dipergunakan standar dari Inmendagri No. 14 tahun 1988 dimana kebutuhan RTH/orang adalah 2,3 m²/orang. Dan kebutuhan RTH yang didapat dihitung berdasarkan model perhitungan kebutuhan taman lingkungan berikut ini :

$$\text{Kebutuhan RTH} = \frac{P_t}{S_t} \times 1 \text{ m}^2$$

Dimana :

P_t adalah jumlah penduduk yang dilayani
S_t adalah Standar Kebutuhan Ruang

Tabel 17
Kebutuhan RTH di Kawasan Perumahan Studi

Blok perumahan	Jumlah penghuni (jiwa)	Kebutuhan RTH (Ha)
Blok A	3300	0,144
Blok B	1400	0,074
Blok C	1260	0,055

Sumber : Nurhapni, 2008

Kesimpulan

Tujuan utama pembangunan drainase yang berwawasan lingkungan di kawasan perumahan adalah agar sarana yang dibangun tersebut mampu menyerap air hujan. Untuk mewujudkannya perlu didukung oleh kemampuan kawasan tersebut memenuhi sejumlah persyaratan yang diperlukan. Permeabilitas tanah yang tinggi adalah syarat utama berfungsinya pembangunan sarana yang lolos air. Berdasarkan data yang diperoleh, jenis tanah di daerah studi memiliki kemampuan meresapkan air ke dalam tanah. Dengan demikian, pembangunan drainase berwawasan lingkungan di kawasan perumahan yang diteliti dapat diwujudkan.

Jika melihat besarnya kontribusi sarana drainase berwawasan lingkungan yang diberikan, maka pembangunan sumur resapan merupakan sarana yang paling efektif untuk dilakukan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa di daerah studi hanya menghasilkan beberapa unit sumur resapan yang dibutuhkan. Hal ini mengindikasikan jika jenis tanah mendukung pelolosan air ke dalam tanah maka

tidak harus selalu sumur resapan dibangun pada setiap rumah, artinya bisa dibangun secara kolektif. Adapun RTH tetap harus dikembangkan untuk kepentingan lebih jauh seperti nilai estetika, sumber oksigen dan kenyamanan lingkungan.

Daftar Pustaka

- A. Minarni. 2007. **Banjir Gedebage**. Harian Pikiran Rakyat 12 Januari 2007. Bandung.
- Anwar Menachem Rajagukguk P. 2000. **Perencanaan dan Perancangan Jaringan Jalan dan Drainase Kawasan Industri Panbil Pulau Batam Riau**. Laporan Kerja Praktek. Departemen Planologi. ITB. Bandung.
- Badan Meteorologi dan Geofisika. 2006. **Curah Hujan Tahunan Rata-Rata Tahun 1978-2006**. Stasiun Pengamatan Cibiru. Bandung.
- Balai Pustaka. 1991. **Kamus Besar Bahasa Indonesia**. Jakarta.
- BAPPEDA (Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah) Kota Bandung. 2003. **Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun 2003-2013**. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Chay Asdak. 2001. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. **Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan**. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. **Standar SK SNI T-07-1990-F Metoda Perhitungan Debit Banjir**. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2000. **Modul Drainase Permukiman**. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2000. **Tata Cara Penerapan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan**. Jakarta.
- Deputi Keterpaduan Prasarana Kawasan. 2006. **Petunjuk Teknis Penyediaan Prasarana Drainase Kawasan Perumahan**. Jakarta.
- Dinas Pertamanan dan Pemakaman Kota Bandung. 1989. **Rencana Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Kota Bandung**. Bandung.
- Dinas Pengairan Kota Bandung. 2006. **Lokasi dan Debit Rata-Rata Sungai yang Melintas di Kecamatan Ujungberung**. Bandung.
- Hani Burhanudin, Ir. MT. 2005. **Catatan Perkuliahan Perencanaan Prasarana Wilayah dan Kota**. Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota. Unisba. Bandung.
- Heinz, Frick dan Tri Hesti Mulyani. 2005. **Arsitektur Ekologis**. Kanisius. Yogyakarta.
- Kantor Pemasaran Perumahan Graha Winaya. 2007. **Site Plan dan Rencana Pembangunan**. Bandung.
- Kantor Pemasaran Perumahan Pasanggrahan Endah. 2007. **Site Plan dan Rencana Pembangunan**. Bandung.
- Kantor Pemasaran Perumahan Wisnu Restu Nugraha. 2007. **Site Plan dan Rencana Pembangunan**. Bandung.
- Kantor Kecamatan Ujungberung. 2006. **Monografi Kecamatan Tahun 2006**. Bandung.
- Mardi Suranto. 2005. **Penurunan Muka Air Tanah Semakin Signifikan**. Harian Kompas 22 April 2005. Jakarta.
- U.S. Forrest Service. 1980. **Coefficient Run Off For Drainage Planning by Marsh, M. William**. New York. USA.
- Water Resources Information. 2002. **Deep Water and Ground Water**. <http://www.UN.go.id>