

Analisa Drainase Sumur Resapan Pada Kampus UNLAM Banjarbaru

Chairil Fachrurazie, Yulian Firman Arifin, Dewi Sri Susanti¹

Abstrak – Salah satu drainase berwawasan lingkungan yang mempertimbangkan aspek konservasi muka air adalah drainase dengan sumur resapan. Daerah Banjarbaru memiliki koefisien permeabilitas tanah dan kapasitas infiltrasi yang tinggi serta evaluasi muka air tanah yang dalam. Hasil pengukuran dilapangan dan dilaboratorium pada daerah penelitian didapatkan harga $k = 1,23 \cdot 10 \text{ cm/det}$ dan $k = 1,64 \cdot 10 \text{ cm/det}$, $f = 0,054 \text{ m/jam}$ dan $f = 0,113 \text{ m/jam}$ serta tinggi muka air tanah -7 s.d 18 meter. Perhitungan intensitas curah hujan didapat $I = 71,65 \text{ m/jam}$ untuk $T_r = 5$ tahunan dengan $Q = 0,068 \text{ A m}^3/\text{jam}$. Hasil sumur resapan adalah dimensi $H =$ kedalaman sumur, $R =$ jari-jari sumur, $n =$ banyak sumur digambarkan dalam grafik.

Keywords - koefisien permeabilitas, kedalaman air tanah, intensitas curah hujan, kedalaman sumur, jari-jari sumur, banyak sumur.

Abstrak – One of the environmental drainage that consider water conservation aspect is drainage by infiltration recharge system. Banjarbaru has a high coefficient permeability soil and gate on laboratory measurement of soil mechanic, for study area gaied $k = 1,23 \cdot 10 \text{ cm/sec}$ dan $k = 1,62 \cdot 10 \text{ cm/sec}$, $f = 0,046 \text{ m/hr}$, $f = 0,054 \text{ m/hr}$ dan $f = 0,113 \text{ m/hr}$ and ground water level from -7 to -8 meters. According to rainfall intensity measurement, the rainfall intensity is $71,65 \text{ m/hr}$ for 5 year return periode with $Q = 0,068 \text{ A m}^3/\text{det}$. Result for infiltration recharge system the dimension is get for $H =$ depth of well, $R =$ radius of well, $n =$ number of wells is drawing in graph.

Keywords - permeability coefficient, depth of ground water level, rainfall intensity, depth of well, radius of well and number of wells.

PENDAHULUAN

Perumusan Masalah

Peningkatan kebutuhan prasarana drainase dapat disebabkan karena kenaikan kebutuhan dari segi fisik kapasitas prasarana akibat perkembangan penduduk, kebutuhan aktual yang mendesak karena masalah genangan/banjir, atau dapat juga disebabkan karena kenaikan standar pelayanan yang dituntut kesejahteraan rata-rata masyarakat. Oleh masyarakat kota sebagai akibat dari kenaikan tingkat taraf kehidupan. Metode sumur resapan yang salah satu tujuannya memperpendek perjalanan air yang dibuang ke badan air atau sungai yang terlalu jauh dengan membuangnya ke suatu sumuran/penampungan yang dapat meresapkan air permukaan kedalaman tanah.

Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan penetapan sistem sumur resapan sebagai salah satu sistem drainase yang berwawasan lingkungan pada Kampus gedung kuliah Universitas Lambung Mangkurat Jalan A. Yani Km. 36.00 Banjarbaru dengan menyajikan suatu perhitungan dalam perencanaan dimensi sumur resapan, sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan sumbangan pemikiran dalam perkembangan bidang ilmu keairan (*drainase*) di Kalimantan Selatan dalam menyikapi pertumbuhan dan perkembangan perkotaan terutama di kotamadya Banjarbaru.
2. Memberikan suatu dimensi sumur resapan untuk drainase yang berwawasan lingkungan.

¹ Staf pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

TINJAUAN PUSTAKA

Hujan Rancangan

Hujan rancangan merupakan usaha-usaha dalam suatu perencanaan dan perhitungan yang memerlukan data hujan dalam satu hari (24 jam). Jadi data curah hujan atau intensitas hujan adalah per satuan jam atau disebut juga hujan jam-jaman. Dengan demikian untuk mendapatkannya dipakai rumus empiris dengan menggunakan rumus MONONOBE sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- T = Waktu (durasi) hujan (jam)
- R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Rumus ini digunakan untuk mendapatkan intensitas curah hujan setiap waktu (jam) berdasarkan data curah hujan harian. Jika data hujan yang tersedia dalam tahunan maka perlu diubah dalam bentuk bulanan dan kemudian harian.

Debit Rancangan

Metode hitungan banjir yang umum digunakan dalam memperkirakan debit rasional Mulvaney (1850) merupakan suatu rumus banjir yang telah menjadi populer karena kesederhanaannya.

$$Q_s = 0,278 C.I.A \dots\dots\dots (2)$$

dimana

- Qs = Debit rancangan (m³/detik)
- C = Intensitas curah hujan maksimum (mm/jam)
- A = Luas daerah tangkapan atau luas tadah (km²)

Air Tanah

Air tanah adalah air permukaan yang meresap ke dalam pori-pori tanah (infiltrasi) dan memasuki lapisan-lapisan dalam tanah (perkolasi) hingga pada batas lapisan tanah yang impermeabel yang mengakibatkan air

tanah mempunyai tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer.

Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan aliran fluida untuk mengalir melalui medium yang porous. Dalam hal ini fluida adalah air tanah dan medium porous adalah massa tanah, dimana setiap material dengan ruang kosong diantaranya disebut porous dan apabila ruang kosong itu saling berhubungan maka ia akan memiliki sifat permeabilitas tersebut. Karena tanah memiliki jenis dan struktur yang berbeda maka setiap jenis tanah memiliki permeabilitas yang berbeda pula seperti dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut :

Tabel 1. Harga koefisien permeabilitas menurut jenis tanah di lokasi penelitian

Jenis tanah	Koefisien permeabilitas (cm per detik)
Kerikil bersih	1 – 10 ⁻²
Pasir kasar	1 – 10 ⁻²
Pasir halus	10 ⁻² – 10 ⁻³
Lanau	10 ⁻³ – 10 ⁻⁵
Lempung	< 10 ⁻⁶

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Unlam.

Pengertian Drainase

- a. Metode sumur resapan
Metode ini dapat dilakukan pada akuifer bebas maupun akuifer setengah terkekang dimana muka air tanahnya cukup dalam (menengah)
- b. Pengertian sumur resapan
Sumur resapan dapat diartikan sebagai sumur berbentuk persegi atau lingkaran dengan kedalaman tertentu untuk menampung air hujan agar dapat meresap kedalam tanah.
- c. Fungsi sumur resapan
Sumur resapan pada umumnya berfungsi untuk menampung air hujan yang jatuh ke bumi, baik melalui atap bangunan, halaman maupun jalan kemudian memasukkannya kembali ke kedalam tanah. Karena itu sumur resapan juga berfungsi sebagai pengendali limpasan permukaan,

melindungi air tanah, serta menekan laju erosi.

d. Prinsip kerja sumur resapan

Hujan yang turun ke permukaan bumi sebagian akan menjadi aliran permukaan (run off) dan sebagian akan masuk kedalam tanah yang merupakan sumber utama air tanah, jika ada air menggenang di suatu daerah dipermukaan tanah, maka akan terjadi peresapan air. Jadi dengan menampung air hujan kedalam lubang atau sumur maka air dapat memiliki waktu tinggal di permukaan tanah lebih lama sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap kedalam tanah. Semakin banyak air yang meresap kedalam tanah berarti aliran permukaan akan menurun, sebaiknya simpanan air tanah akan bertambah, keadaan ini dapat digambarkan sebagai berikut (gambar 1) :

proses penurunan air di dalam sumur dari waktu ke waktu.

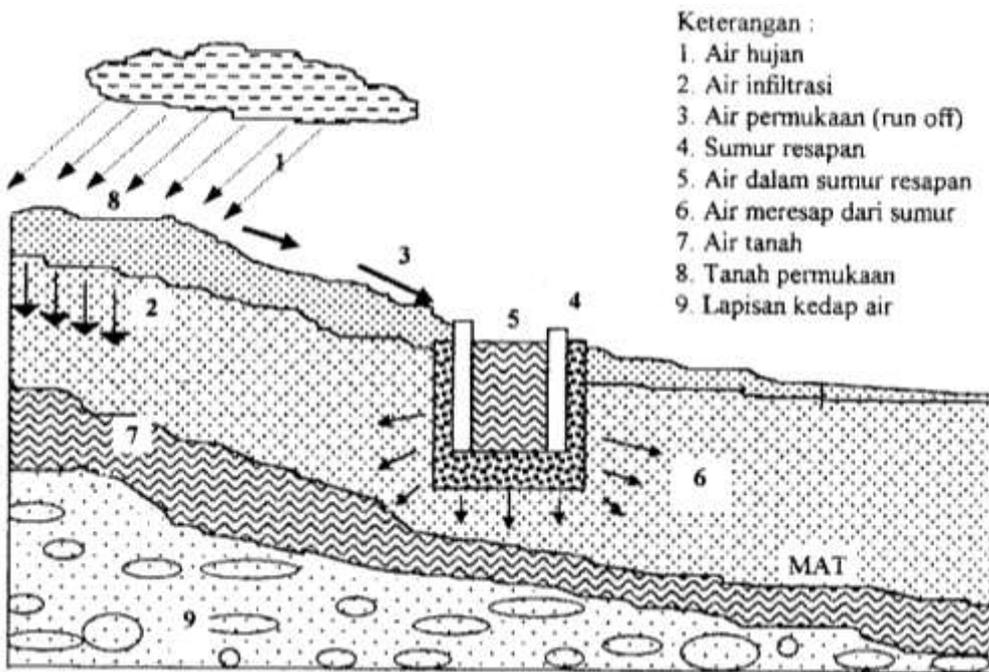
P.U. (1990), yang mengajukan untuk standar perhitungan sumur resapan dinding kedap air dengan formula sebagai berikut :

$$H = \frac{T.I.A_{tadah} - T.K.A_{sumur}}{A_{sumur}} \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

- H = kedalaman sumur (m)
- T = Durasi hujan (j)
- I = Intensitas huj (m/j)
- L = Keliling sumur (m)
- K = Permeabilitas tanah (m/j)
- A_{tadah} = Luas atap/perkerasan (m²)
- A_{sumur} = Luas tampang sumur (m²)

Untuk sumur dengan dinding pros maka dari formula diatas dapat dikembangkan menjadi :



- Keterangan :
- 1. Air hujan
 - 2. Air infiltrasi
 - 3. Air permukaan (run off)
 - 4. Sumur resapan
 - 5. Air dalam sumur resapan
 - 6. Air meresap dari sumur
 - 7. Air tanah
 - 8. Tanah permukaan
 - 9. Lapisan kedap air

Gambar 1. Prinsip kerja sumur resapan
Sumber : Kusnaedi, 1996

**Teori Dasar Sumur Resapan
Keseimbangan Statik**

Dasar penurunan rumus ini adalah hukum kontinuitas yaitu : “*volume tampungan adalah selisih jumlah masuk dengan volume keluar*”. Konsep ini dikembangkan dengan suatu keseimbangan sesaat untuk suatu waktu tertentu tanpa memperhatikan mekanisme

$$H = \frac{0,95.I.T.A_{sumur}}{\pi.R^2.(1 + K.T)} \dots\dots\dots (4)$$

Oleh Sunjoto (1991) kedua formula tersebut diatas dimodifikasi untuk lebih menyesuaikan dengan fenomena aliran, yaitu dengan memperhatikan fungsi tinggi air dalam sumur pada suatu keseimbangan, maka formula menjadi :

Untuk sumur dengan dinding kedap air :

$$H = \frac{0,9.I.T.A_{sumur}}{\pi.R^2.(1 + K.T)} \dots\dots\dots (5)$$

Untuk sumur dengan dinding porus

$$H = \frac{\left[(K.R.T + R)^2 + \frac{3,8K.I.T^2.A_{tadah}}{\pi.R} \right]^{0,5} - (K.R.T + R)}{2K.T} \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

- A_{tadah} = luas atap/perkerasan (m²)
- I = Intensitas hujan (m/j)
- K = Permeabilitas
- R = Radius sumur (m)
- T = Durasi pengaliran/hujan (j)

Keseimbangan dinamik

Dalam konsep ini keseimbangan didasarkan pada proses aliran dari waktu ke waktu hingga tinggi air didalam sumur berpengaruh dalam derivasi formulanya. Formula yang dikembangkan dengan konsep ini oleh sunjoto (1988) sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{F.K} \left[1 - e^{-\frac{F.K.T}{\pi.R^2}} \right] \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

- H = Tinggi air dalam sumur (m)
- Q = Debit air masuk (Q=0,95.I.A) (m³/jam)
- F = Faktor geometrik (m)
- K = Permeabilitas tanah (m/jam)
- T = Durasi pengaliran (jam)
- R = Radius sumur (m)

METODE PENELITIAN

Gambaran secara umum tentang tahapan-tahapan pekerjaan yang akan dilaksanakan serta mempercepat dalam mencapai tujuan yang dimaksud dalam pembahasan ini, maka disusunlah program pekerjaan berupa diagram atau bagan berdasarkan urutan pekerjaannya sebagai berikut, seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Frekuensi Hujan

Analisa hujan maksimum dan safe probability dapat dilihat pada tabel L.1.

Pemilihan Distribusi

Dari kelima distribusi tersebut, distribusi gumbel dan log pearson III memiliki bentuk sebaran yang mendekati garis lurus, sehingga untuk analisa selanjutnya dilakukan perhitungan dengan metode Gumbel dan metode Log-pearson III.

Perhitungan frekuensi hujan metode Gumbel

Analisa frekuensi hujan dapat dilihat pada tabel 2.

Hasil nilai tengah :

$$\bar{X} = \frac{1594,40}{15} = 106,09$$

Standar deviasi :

$$S_x = \sqrt{\frac{8716,31}{14}} = 24,9518$$

Untuk N = 15, didapatkan harga :

- Rata-rata Reduce variate (yn) = 0,5128
- Standar deviasi dari reduce variate (Sn) = 1,0206

Persamaan regresi Gumbel yang menghubungkan curah hujan rencana dengan periode ulang rencana adalah :

$$X_T = \bar{X} + (K \times S_x)$$

dimana :

$$\bar{X} = 106,9 \qquad S_x = 24,9518$$

$$K = \frac{Y_T - 0,5128}{1,0206}$$

Sehingga :

$$X_T = 106,09 + \left(\frac{Y_T - 0,5128}{1,0206} \right) \times 24,95,8$$

$$X_T = 93,553 + 24,448 Y_T$$

Dengan memasukkan Tr untuk periode ulang 2,5 dan 10 tahun kedalam persamaan tersebut, maka didapat hujan rencana untuk masing-masing periode ulang.

Tabel 2. Hasil perhitungan analisa frekuensi metode Gumbel.

Periode ulang (Tr) (Tahun)	Hujan Rencana (XTr) (mm)
-------------------------------	-----------------------------

2	102,5
5	130,2
10	148,6

Sumber : Hasil perhitungan

Perhitungan Frekuensi hujan metode Log Pearson III

Perhitungan Frekuensi hujan metode log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai tengah

$$\overline{\text{Log X}} = \frac{30,224074}{15} = 2,014938$$

Standar deviasi

$$S_{\text{Log X}} = \sqrt{\frac{0,138112}{14}} = 0,099323$$

Koefisien Skewness :

$$q = \frac{15 \times 2,980736 \times 10^{-3}}{14 \times 13 \times 0,099323^3} = 0,2507$$

Untuk $Tr = 2$ tahun dan Probabilitas $P = 1/Tr = 0,5$ harga $K_T = -0,041533$ (interpolasi)

Sehingga :

$$\text{Log } X_2 = 2,014938 + (-0,041533) \times 0,099323 ; X_2 = 103,52 \text{ mm/hari}$$

Selanjutnya perhitungan curah hujan harian rata-rata untuk masing-masing periode ulang 2,5 dan 10 tahun disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan analisa frekuensi Metode Log-Pearson III

Periode ulang (Tr) Tahun	P=1/Tr	Faktor frekuensi (K _T)	Hujan harian rata-rata (X _T) mm/hari
2	0,5	0,04153	102,52
5	0,2	0,82705	125,05
10	0,1	1,30526	139,50

Sumber : Hasil perhitungan

Kesimpulan perhitungan frekuensi hujan

Tabel 4. Hasil perhitungan frekuensi hujan metode Gumbel dan Log Pearson III

Periode	Intensitas hujan rata-rata (mm)

ulang (Tr) (Tahun)	Gumbel	Log Pearson III
2	102,50	102,52
5	130,20	125,05
10	148,57	139,50

Pengalih-ragaman Hujan Harian

Dalam penentuan Intensitas hujan rancangan debit masukan pada sumur resapan digunakan data curah hujan jam-jaman. Untuk mengalih-ragaman Intensitas hujan harian kedalam intensitas jam-jaman, digunakan Formula Monobe (Persamaan 2.6)

Contoh Perhitungan :

Data yang diketahui :
Intensitas hujan dengan periode ulang 5 tahun (R_{24}) = 130,2 mm.
Maka untuk lama hujan (t) = 1 jam, didapatkan :

$$I_t = \frac{130,2}{24} \times \left(\frac{24}{1}\right)^{\frac{2}{3}} = 45,14 \text{ mm/jam}$$

Dengan mengubah variabel t untuk masing-masing I_{24} , hasil pengalihragaman hujan harian untuk periode ulang 2,5 dan 10 tahun disajikan dalam gambar 3.

Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Dengan menganggap hujan terdistribusi seragam dalam durasi tertentu, intensitas hujan rencana ditentukan sebagai intensitas hujan dengan periode ulang 5 tahun dan durasi 30 menit, maka besarnya intensitas hujan rencana adalah :

$$I_R = \frac{130,2}{24} \times \left(\frac{24}{0,5}\right)^{\frac{2}{3}} = 71,65 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan Debit Rancangan

Untuk suatu periode ulang 5 tahun didapatkan $I_R = 71,65 \text{ mm/jam}$. Bila harga C diambil 0,95 (lampiran C-1), maka didapat debit rancangan sebagai fungsi dari luas atap ($Q_R = f(A)$, yaitu :
 $Q_R = 0,95 \times 0,072 \times A = 0,0684 \cdot A \text{ (m}^3\text{/jam)}$

Selanjutnya nilai Q_R untuk berbagai luasa A dapat dilihat pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Debit rancangan sebagai fungsi luas atap

Luas Atap (A) (m ³)	Debit Rancangan (Q_R) (m ³ /detik)
100	6,840
200	13,680
300	20,520
400	27,360
500	34,200
800	54,720
1000	68,400
1500	102,600

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa dan Perhitungan Sumur Resapan

Hasil hand boring dan pengujian laboratorium untuk mendapatkan parameter untuk k dan f

- Berdasarkan hasil han doring yang dilakukan (lampiran B-1), didapatkan gambaran mengenai lapisan tanah yang terdapat dibawah permukaan, yaitu :
 - 0,3 m sampai 2,0 m : Tanah lempung kehitaman.
 - 0,3 m sampai 2,0 m : Campuran pasir halus dan lempung kecoklatan.
 - 2,0 m sampai 3,5 m : Campuran pasir lempung coklat muda.
 - Lebih dari 3,5 m : Campuran pasir lempung dan kerikil merah kuning.
- Hasil pengujian sampel tanah pada kedalaman 3,5 m – -4,0 m yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat **mendapatkan koefisien permeabilitas rata-rata k sebesar $1,23 \times 10^{-3}$ cm/detik atau 0,04 m/jam.** Bila dibandingkan dengan harga-harga tipikal nilai k pada halaman II-12, maka tanah ini adalah pasir halus. Menurut badan Litbang PU dalam perencanaan sumur resapan harga yang didapat ini dikategorikan sebagai

permeabilitas tanah sedang yaitu antara $5,6 \times 10^4$ cm/detik sampai $1,8 \times 10^3$ cm/detik.

- Pengujian dengan *infiltrometer* dilakukan dalam menentukan kapasitas infiltrasi dilapangan. Hasil pengukuran kecepatan infiltrasi di 3 tempat yang berbeda yaitu fakultas Teknik, fakultas Kedokteran dan fakultas Pertanian dapat dilihat pada lampiran B-2. dari grafik liku infiltrasi pada masing-masing lokasi didapatkan nilai-nilai kapasitas infiltrasi sebagai berikut :

- Fakultas Teknik, $f = 0,046$ m/jam
- Fakultas Kedokteran $f = 0,054$ m/jam
- Fakultas Pertanian, $f = 0,113$ m/jam

Letak muka air tanah

Letak muka air tanah didapatkan dengan melakukan pengukuran pada halaman.

Laboratorium basah

Tinggi muka air pada saat hujan = -6,0 m. Tinggi muka air tanah pada saat kemarau = -9,0 m. Tinggi muka air pada saat pengukuran = -6,40 m.

Sekitar masjid kampus Al-Baytar

Tinggi muka air tanah pada saat hujan = -7,0 m. Tinggi muka air tanah pada saat kemarau = -10,0 m. Tinggi muka air tanah saat pengukuran = -7,10 m.

Komplek Perumahan Dosen

Tinggi muka air tanah pada saat hujan = -6,0 m. Tinggi muka air hujan pada saat kemarau = -9,0 m. Tinggi muka air tanah saat pengukuran = -6,60 m.

Perhitungan sumur resapan

Berdasarkan pada debit rancangan dan koefisien permeabilitas yang dihitung sebelumnya, maka dimensi sumur resapan ditentukan dengan memasukkan variabel-variabel tersebut ke dalam formula-formula sumur resapan.

Pada setiap perhitungan, parameter-parameter K, T dan $Q = 0,0684 \times A$ dimasukan sebagai data konstan yang didapat pada lokasi penelitian. Jari-jari sumur (H) dihitung untuk berbagai harga R yang tentu didapat kedalaman sumur H sebagai fungsi dari luas atap A.

KESIMPULAN, SARAN, REKOMENDASI

Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian maka dapat disimpulkan bahwa penerapan sumur resapan di tiga gedung kuliah Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, yaitu Fakultas Teknik, Fakultas Kehutanan dan Fakultas Pertanian memberikan hasil yang positif, yaitu wilayahnya sangat cocok untuk dibuat drainase sumur resapan yang memerlukan evaluasi muka air tanah dalam ataupun sedang. Adapun hasil perhitungan dan analisa yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan dengan menggunakan formula Sunjoto (1988) mendapatkan kedalaman sumur (H) yang lebih dangkal dari formula lain untuk jari-jari sumur (R) dan luas atap (A) yang sama.
2. Hasil perhitungan dengan menggunakan formula Sunjoto dengan menggunakan formula Sunjoto (1988) dengan radius sumur 1,5 m adalah sebagai berikut :

a. Untuk dinding kedap

Pada gedung fakultas Teknik didapat $H = 5,5$, sebanyak 4 buah sumur. Pada gedung Fakultas Kehutanan didapat $H = 5,5$, m, sebanyak 3 buah sumur. Pada gedung Fakultas Perikanan didapat $H = 5,5$ m, sebanyak 3 buah sumur.

b. Untuk dinding porous

Pada gedung Fakultas Teknik didapat $H = 5$ m, sebanyak 4 buah sumur. Pada gedung Fakultas Kehutanan didapat $H = 4,5$ m, sebanyak 3 buah sumur. Pada gedung Fakultas perikanan didapat $H = 4,5$ m, sebanyak 3 buah sumur.

Saran

Adapun saran yang dapat kami kemukakan disini adalah perlunya penelitian yang lebih lanjut mengenai :

1. Suatu perancangan sumur resapan yang lebih mendetail dan juga kaitannya mengenai teknologi pembuatan sumur resapan itu sendiri.
2. Adanya penelitian yang dapat memberikan suatu simulasi penyebaran air yang

meresap di sekeliling dinding sumur, dengan demikian mungkin dapat diketahui sampai dimana pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar dan pengaruhnya terhadap stabilitas tanah serta lebih jauh lagi mengenai analisis dampak lingkungan.

3. Harga koefisien permeabilitas k pada berbagai lokasi yang akan dibuat sumur resapan sebaiknya diketahui lebih dulu atau perlu adanya penelitian untuk mengetahuinya.
4. Kedalaman sumur resapan (H) yang akan dibuat sebaiknya lebih besar dari kedalaman sumur resapan yang dihitung hal ini dilakukan jika bentuk sumur tanpa dilengkapi dengan saluran pembuang untuk limpasan.
5. Pembuatan sumur resapan sebaiknya juga harus dapat memperhatikan persyaratan teknis seperti yang telah ditetapkan pada SK SNI T – 06 – 1990 – F tentang tata cara Perencanaan teknik sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan.
6. Rumus empiris sumur resapan ini perlu untuk dikembangkan ulang untuk berbagai macam rumus dan juga variasi lokasi sehingga didapatkan kepraktisan dalam menggunakannya nanti baik berupa tabulasi maupun nomogram yang diharapkan lebih sempurna lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bisri Mohammad dan Rispiningtati, 1996, *Besarnya imbuhan Alami dan Upaya Pasok Air Tanah untuk Kelestarian Air Tanah di Perumahan Buring Kotamadya Malang*, Jurnal Teknik Volume III No. 5.
- Darmanto, 1997, *Sistem Drainase Perkotaan*, Kursus Singkat Drainase dan Sanitasi Kota, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Harto Sri, 1990, *Analisis Hidrologi*, Gramedia, Jakarta.
- Joko Sujono, 1997, *Hujan Rancangan*, Kursus Singkat Drainase dan Sanitasi Kota, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

- Kusnaedi, 1995, *Sumur Resapan untuk Pemukiman Perkotaan dan Pedesaan*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Martha Joyce dan Wanny Adidarma, *Mengenal Dasar-dasar Hidrologi*, Nova, Bandung.
- Runtiarko, Adang Soewardi dan Maman Abdurachman, 1998, *Imbuhan Buatan Dalam Rangka Konservasi Tanah di Cibodas Bogor dan Cisarua Bandung*, Jurnal Pengairan No. 10.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data jilid I*, Nova, Bandung.
- Sunjoto, 1991, *Analisis Sumur Resapan serta Pengembangannya*, Sarasehan Ilmiah, Departemen Pekerjaan Umum.
- Sunyoto AS, 1997, *Drainase Berwawasan Lingkungan*, Kursus Singkat Drainase dan Sanitasi Kota, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

Tabel L.1 Data urut hujan harian maximum dan *safe probability* kejadian hujan

Tahun	Ranking (R)	Data Urut Hujan (mm) (X)	Log (X)	$\frac{R}{N+1} \times 100$ (q)
1996	1	72,6	1,86	6,25
1986	2	79,3	1,88	12,50
1994	3	76,5	1,88	18,75
1987	4	91,7	1,96	25,00
1984	5	93,8	1,97	31,25
1989	6	98,3	1,99	37,50
1988	7	100	2,00	43,75
1987	8	101,1	2,01	50,00
1990	9	101,5	2,01	56,25
1985	10	110	2,04	62,25
1993	11	116,5	2,07	68,75
1998	12	120,6	2,08	75,00
1992	13	124	2,09	81,25
1991	14	150	2,18	87,50
1995	15	158,5	2,20	93,75

Tabel L.2. Analisa frekuensi hujan metode Gumbel

Tahun	Ranking	Data Urut Hujan Harian (mm) (X)	X	(Tr)	$(X-X)^2$
1995	1	158,5	106,09	16	2746,81
1991	2	150	106,09	8	1928,09
1992	3	124	106,09	5,333	320,77
1998	4	120,6	106,09	4	210,54
1993	5	116,5	106,09	3,2	108,37
1985	6	110	106,09	2,667	15,29
1990	7	101,5	106,09	2,286	21,07
1987	8	101,5	106,09	2	24,90
1988	9	100	106,09	1,778	37,09
1989	10	98,3	106,09	1,600	60,68
1984	11	93,8	106,09	1,445	151,04
1987	12	91,7	106,09	1,333	207,07
1994	13	76,5	106,09	1,231	875,57
1986	14	76,3	106,09	1,143	887,44
1996	15	72,6	106,09	1,067	1121,58
Jumlah	N = 15	1591,40			8716,31
Rata-rata		106,09			

Sumber hasil perhitungan

Tabel L.3 Perhitungan Frekuensi hujan metode Log – Pearson III

Intensitas hujan (X)	Log X	Log X	(Log X-LogX)	Log X-Log X)	Log X-Log X) ³
158,50	2,200029	2,014938	0,18509103	0,03425869	0,00634098
150,00	2,176091	2,014938	0,16115302	0,02597030	0,00418519
124,00	2,093422	2,014938	0,07848344	0,00615965	0,00048343
120,60	2,081347	2,014938	0,06640907	0,00441016	0,00029287
116,50	2,066326	2,014938	0,05138768	0,00264069	0,00013570
110,00	2,041393	2,014938	0,02645444	0,00069984	0,0001851
101,50	2,006466	2,014938	-0,00847220	0,00007178	-0,00000061
101,10	2,004751	2,014938	-0,01018709	0,00010378	-0,00000106
100,00	2	2,014938	-0,01493824	0,00022315	-0,00000333
98,30	1,992554	2,014938	-0,02238472	0,00050108	-0,00001122
98,30	1,972203	2,014938	-0,04273540	0,00182631	-0,00007805
91,70	1,962369	2,014938	-0,05256891	0,00276349	-0,00014527
76,50	1,883661	2,014938	-0,13127681	0,01723360	-0,00226237
76,30	1,882525	2,014938	-0,13241370	0,0175339	-0,00232166
72,60	1,860937	2,014938	-0,15400162	0,02371650	-0,00365238
Jumlah	30,22407		0	0,13811240	0,00298074

Sumber : Hasil perhitungan