

**Kemampuan Wilayah Bandung Selatan
sebagai Salah Satu Zona Pengisian Airtanah Cekungan Bandung
(Pendekatan Analisis Berdasarkan Debit Sungai)**

Oleh :
Mulyana Wangsadipura
(Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Bandung)
dan
Dede Rohmat
(Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial,
Universitas Pendidikan Indonesia)

ABSTRAK

Cadangan airtanah di Cekungan Bandung sangat bergantung atas intensitas pengisian di daerah resapannya. Intensitas pengisian airtanah dapat dikaji dengan pendekatan analisis debit sungai, sebagai *output neto* dari proses hidrologis pada satuan DAS.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisangkuy yang terdapat di wilayah Bandung Selatan dijadikan satuan analisis. Wilayah ini merupakan bagian dari sentra pengembangan Kabupaten Bandung. Gambaran dan data mengenai intensitas pengisian airtanah dan proporsinya dalam sistem keseimbangan tataair di wilayah tersebut, diperoleh melalui pendekatan analisis tersebut.

Dari ketebalan hujan 2414 mm per tahun (100 %); 978 mm/tahun atau sekitar 40,5 % mengalami proses evapotranspirasi; 748 mm atau 28,5 % menjadi air infiltrasi; 671 mm atau 27,8 % base flow dan 0.7 % atau 77 mm menjadi simpanan air tanah dan 748 mm atau 31 % menjadi runoff.

PENDAHULUAN

Cadangan airtanah di Cekungan Bandung sangat bergantung atas intensitas pengisian di daerah resapannya. Pengisian setempat (*local recharge*) sangat dominan mempengaruhi fluktuasi cadangan airtanah dangkal (*shallow groundwater/water table*), sedangkan cadangan airtanah dalam (*deep groundwater*) sangat dominan dipengaruhi oleh intensitas pengisian di daerah resapannya.

Intensitas pengisian airtanah merupakan salah satu aspek penting dalam kajian potensi airtanah. Cadangan airtanah sangat bergantung atas kondisi geologi (keberadaan akifer), iklim, dan karakteristik fisik permukaan lahan.

Pendugaan intensitas pengisian tanah dengan memperhatikan faktor-faktor di atas secara integral, memerlukan kajian mendalam, kompleks dan memerlukan waktu serta dana yang tidak sedikit. Namun demikian metode sederhana dapat diaplikasikan, yaitu dengan pendekatan analisis debit sungai.

Debit sungai merupakan *output neto* dari proses hidrologis pada satuan DAS, dimana semua faktor yang mempengaruhi sudah tercakup dan bersifat konstan. Debit sungai terdiri atas dua komponen, yaitu debit tidak tetap yang dipengaruhi langsung oleh limpasan permukaan (*surfce runoff*) dan debit tetap yang dipengaruhi oleh aliran dasar (*base flow*). Dengan memisahkan komponen debit, ditambah dengan

perhitungan evapotranspirasi aktual, maka intensitas pengisian airtanah dapat diduga, baik untuk airtanah dalam maupun airtanah dangkal.

Wilayah Bandung Selatan, tepatnya Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisangkuy, mencakup kawasan sekitar 284,6 km² atau 28.460 ha. Secara administratif DAS ini, mencakup wilayah Kecamatan Pangalengan, Pameungpeuk, Banjaran dan Dayeuh Kolot. Studi hidrologi, khususnya hidrogeologi (airtanah) kawasan ini mempunyai arti sangat strategis, mengingat wilayah ini merupakan bagian dari sentra pengembangan Kabupaten Bandung.

Target perolehan studi ini adalah gambaran dan data mengenai intensitas pengisian airtanah dan proporsinya dalam sistem keseimbangan tataair.

**KESEIMBANGAN AIR DAN ANALISIS
DEBIT MINIMUM**

Hidrologi permukaan terkait erat dengan hidrologi bawah permukaan (hidrogeologi/airtanah). Nilai *surface runoff* yang besar mengindikasikan bahwa infiltrasi kecil, intensitas pengisian airtanah rendah, volume cadangan air kecil dan potensinya juga rendah.

Kontinuitas Sistem Hidrologi

Kontinuitas siklus hidrologis merupakan suatu sistem tertutup. Hujan (H) yang jatuh di atas permukaan tanah, terurai menjadi

evapotranspirasi (Et), infiltrasi (I), runoff (Ro) dan penyimpanan airtanah (storage=S), atau:

$$H = Et + I + Ro + S \dots\dots\dots (1)$$

Keempat komponen di atas tidak berdiri sendiri, satu komponen mempengaruhi komponen lainnya. Evapotranspirasi, adalah pelepasan uap air dari tanah, perairan dan tanaman ke udara. Infiltrasi, adalah masuknya air secara vertikal ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Air ini, kemudian terdiferensiasi menjadi air bawah permukaan (*sub surface runoff*) dan air perkolasi. Air perkolasi selanjutnya mengisi cadangan air tanah dangkal dan dalam serta menjadi aliran dasar (*base flow*). Runoff, terdiri atas komponen *surface runoff*, *sub surface runoff*, dan *base flow*. *Storage* adalah air yang tersimpan dalam cekungan-cekungan atau simpanan lain di atas permukaan tanah. Penjumlahan dari seluruh komponen sistem keseimbangan air ini sama dengan jumlah hujan.

Analisis seluruh komponen sistem di atas, hanya dapat dilakukan pada satuan hidrologi (DAS) dan didasarkan pada data hidrometri (hidrograf dan hyetograf) dan data iklim.

Analisis Debit untuk Menentukan Infiltrasi

Terdapat dua metoda yang sering digunakan untuk menentukan rata-rata debit harian, yaitu Metoda Kille dan Metoda Villinger. Menurut metoda Villinger, nilai rata-rata debit adalah rata-rata per bulan, sehingga banyaknya data (n) hanya 12 data. Metoda Kille, nilai rata-rata debit diperoleh dari sejumlah data yang terkumpul, sehingga banyaknya data sama dengan 12 kali banyaknya tahun data.

Laju dan kumulatif infiltrasi dalam suatu kawasan DAS dapat dihitung melalui analisis debit harian minimum (HR), dan debit harian minimum rata-rata (HMR) dengan cara :

$$HMR = \frac{\sum HR}{n} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai HMR diurutkan mulai dari yang terkecil hingga terbesar. Nilai rata-rata HMR (Q_i) adalah data HMR yang terletak pada urutan ke :

$$Q_i = \frac{n}{2} \dots\dots\dots (3)$$

Berdasarkan nilai Q_i dihitung kapasitas, laju dan kumulatif infiltrasi. Kapasitas (G_i) infiltrasi dihitung dengan persamaan (4):

$$G_i = \frac{Q_i}{A} \cdot 10^3 \dots\dots\dots (4)$$

dengan G_i (lt/dt/km²), dan A adalah luas *Catchment* (km²). Laju infiltrasi (f_i) dihitung dengan persamaan (5) :

$$f_i = \frac{G_i}{10^6} \dots\dots\dots (5)$$

dengan f_i (lt/dt/m²) dan angka 10⁶ adalah konversi dari satuan km² ke m². Kumulatif

infiltrasi (F_i), didapat dari f_i dikalikan dengan dengan banyaknya detik dalam satu tahun.

$$F_i = f_i \cdot 31.536.000 \dots\dots\dots (6)$$

WILAYAH DAN PROSEDUR PENGUMPULAN DATA

Penelitian ini dilakukan untuk seluruh kawasan Cekungan Bandung bagian Selatan. Satuan hidrologi (Sub DAS Cisangkuy) digunakan sebagai wilayah penelitian, dengan pertimbangan bahwa studi tentang hidrologi/hidrogeologi tidak mengenal batas batas administratif. Sub DAS Cisangkuy meliputi beberapa kecamatan di Kabupaten Bandung, yaitu Kecamatan Pangalengan, Banjaran, Pameungpeuk dan Dayeuh Kolot. Secara geografis terletak pada 6°8'35" - 7°14'34" LS dan 108°26'35" - 108°40'00" BT. Wilayah ini mencakup 284,6 km² atau 28.460 ha.

Penelitian ini merupakan penelitian survey. Data untuk seluruh variabel penelitian ini berupa data sekunder, yang diaktualisi berdasarkan hasil observasi/pengecekan lapangan. Parameter utama penelitian ini adalah curah hujan, evapotranspirasi, debit sungai (run off), infiltrasi dan storage.

Studi dokumentasi dan interpretasi peta, baik peta topografi maupun peta-peta tematik merupakan cara utama untuk memperoleh data. Data dan peta diperoleh dari dinas/instansi berwenang; misalnya : data debit sungai dari Puslitbang Air; data curah hujan dan unsur iklim dari Stasiun Meteorologi dan Geofisika; Peta Geologi dari Direktorat Geologi; dan Peta Tanah dari Puslittanak dan Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah.

HASIL DAN DISKUSI

Umum

Kondisi iklim suatu kawasan DAS, merupakan faktor utama yang menentukan keseimbangan tata air. Secara fisik, surplus atau defisitnya air di suatu kawasan sangat bergantung atas faktor curah hujan, evapotranspirasi, dan infiltrasi. Jika unsur hujan diasumsikan konstan dan sulit dimodifikasi, maka faktor penentu keseimbangan air adalah evapotranspirasi dan infiltrasi.

Nilai evapotranspirasi sangat bergantung atas beberapa faktor, antara lain : (i) unsur iklim seperti suhu, penyinaran matahari, kecepatan angin, tekanan udara dan kelembaban udara relatif; dan (ii) kondisi permukaan tanah, antara lain jenis penggunaan lahan.

Kondisi Iklim DAS Cisangkuy

Data klimatologi Sub DAS Cisangkuy menunjukkan bahwa suhu rata-rata sebesar 22,7 °C; penyinaran matahari rata-rata 57,7 %; tekanan udara rata-rata 1013,25 mbar; kelembaban

relatif udara 77,7 %; dan kecepatan angin rata-rata 4,2 knots (lihat Tabel 1).

Tabel 1
Data Klimatologis Sub DAS Cisangkuy.

Bulan	Suhu (oC)	Peny. Mthr (N)	Tekn. Udara (mbar)	Lembab Udara (%)	Kecep. Angin Max.	
					Knots	m/dt
Jan	22.5	41.7	1,968.5	83.9	14.1	2.7
Peb	22.6	52.5	1,968.2	81.2	13.5	2.5
Mar	22.5	54.8	1,968.7	74.4	14.0	2.0
Apr	23.3	57.0	1,968.3	82.9	12.9	2.0
Mei	23.2	54.0	1,968.4	81.4	11.6	2.2
Jun	22.9	67.7	1,968.8	78.2	11.8	1.9
Jul	22.2	69.0	1,969.1	76.4	13.2	2.1
Ags	22.1	78.0	1,969.4	70.4	13.3	2.5
Sep	22.6	55.8	1,969.4	74.4	14.2	2.3
Okt	22.7	55.0	1,969.3	75.8	14.6	2.4
Nop	22.8	50.0	1,968.9	80.9	13.7	2.2
Des	22.6	57.3	1,968.6	72.0	13.6	2.5
Rata2	22.7	57.7	1,968.8	77.7	13.4	2.3

Sumber : BMG Cemara & Husein, (1980-98)

Curah Hujan dan Hari Hujan

Curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2.414 mm, dengan hujan bulanan rata-rata berkisar antara 34,2 mm pada bulan Agustus hingga 351,4 mm pada bulan Januari. Hari hujan rata-rata sekitar 143 hari dalam se tahun. Hari hujan terbesar terdapat pada bulan April sekitar 19 hari dan terkecil pada Bulan September sekitar 4 hari (Tabel 2.)

Tabel 2
Curah Hujan Rata-rata Bulanan

Bulan	Hari hujan	Curah Hujan dari Stasiun (mm)			
		Cbds	Ccna	Chrg	Rata-rata
Jan	16.36	438.7	312.8	302.7	351.4
Peb	16.14	298.2	297.3	196.2	263.9
Mar	17.21	358.0	376.8	225.4	320.1
Apr	18.57	298.3	279.3	278.8	285.5
Mei	10.79	147.8	132.3	233.0	171.1
Jun	7.86	112.0	109.8	93.6	105.1
Jul	7.21	114.7	50.6	70.0	78.4
Ags	4.00	48.0	20.7	33.8	34.2
Sep	3.57	81.2	109.3	77.7	89.4
Okt	9.29	199.7	208.2	158.7	188.8
Nop	14.50	310.0	246.9	196.8	251.3
Des	17.57	288.0	306.1	230.0	274.7
Jumlah	143.07	2,694.5	2,450.0	2,096.8	2,414

Sumber : Stasiun Hujan Cibodas, Cincona, Bendungan Ciherang (1992 - 1998)

Evapotranspirasi Potensial dan Hujan Efektif

Hujan efektif adalah kuantitas hujan bersih yang diterima oleh permukaan bumi diluar kuantitas hujan yang kembali ke atmosfer. Hujan efektif (R_{ef} ; mm) ini besarnya sama dengan curah hujan (R ; mm) dikurangi oleh evapotranspirasi (Eto ; mm) atau :

$$R_{ef} = R - Eto \dots\dots\dots (7)$$

Evapotranspirasi Potensial

Besarnya Eto dihitung dengan Metoda Penman :

$$Eto = c[W.Rn + (1-W).f(u).](ea-ed)] \dots\dots (8)$$

dengan :

W = Faktor pembobotan yang dihubungkan dengan temperatur

Rn = Radiasi bersih equivalen evaporasi (mm/hari); ($Rn = Rns - Rn1$)

Rns = $(1 - \alpha) Rs$

Rs = $(0,25 + 0,50.n/N)Ra$;

Ra = Nilai koreksi aktual untuk Ra (didapat dari tabel)

Rn1 = $f(T).f(ed).f(n/N)$

f = Menyatakan fungsi dari

n = Penyinaran matahari aktual (jam/hari)

N = Penyinaran matahari maksimal (jam/hari)

T = Suhu (°C)

f(u) = Fungsi yang berhubungan dengan angin (ea-ed)= Perbedaan tekanan uap jenuh pada temperatur udara rata-rata dengan rata-rata tekanan uap udara aktual (mbar)

c = faktor pengimbang sebagai kompensasi terhadap cuaca siang dan malam hari.

Berdasarkan persamaan (8) dan bantuan tabel-tabel perhitungan (Doorenbos, J., W.O. Pruitt, 1977; 15-29), nilai Eto dapat ditentukan (Lampiran 1).

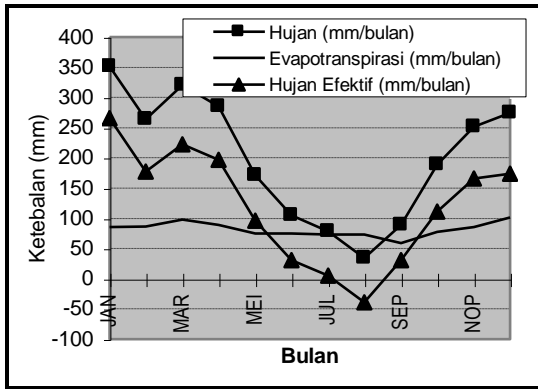
Evapotranspirasi tahunan di Sub DAS Cisangkuy sebesar 978 mm/tahun atau 40,5% dari rata-rata hujan tahunan. Evapotranspirasi bulanan terbesar terdapat pada bulan Desember (101 mm/bulan) dan terkecil pada bulan September (58.94 mm/bulan).

Hujan Efektif

Dengan curah hujan rata-rata tahunan 2414 mm/tahun dan evapotranspirasi 978 mm/tahun, maka besarnya hujan efektif wilayah ini 1436 mm/tahun (Tabel 3 dan Gambar 1).

Tabel 3
Besarnya Hujan Efektif di Sub DAS Cisangkuy

Bulan	Hujan (mm/bulan)	Evapotranspirasi (mm/bulan)	Hujan Efektif (mm/bulan)
Jan	351.4	85.9	265.5
Peb	263.9	86.5	177.3
Mar	320.1	97.6	222.5
Apr	285.5	88.7	196.8
Mei	171.1	74.8	96.3
Jun	105.1	74.5	30.6
Jul	78.4	73.6	4.8
Ags	34.2	73.0	-38.8
Sep	89.4	58.9	30.5
Okt	188.8	77.7	111.2
Nop	251.3	85.4	165.9
Des	274.7	101.2	173.5
Jumlah	2414	978	1436



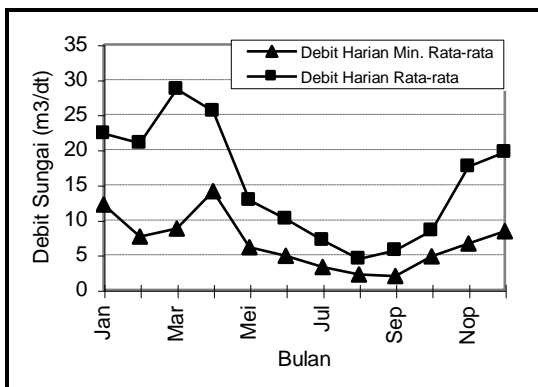
Gambar 1.
Fluktuasi Hujan, Evapotranspirasi dan Hujan Efektif

Keseimbangan Air Berdasarkan Debit Harian Debit Sungai Cisangkuy

Data debit yang digunakan adalah data selama kurun waktu 5 tahun secara kurang berurut, yaitu tahun 1992, 1993, 1994, 1997 dan 1998. Hal ini dilakukan karena keterbatasan ketersediaan data yang diperoleh (Gambar 2, dan Lampiran 2).

Debit harian minimum rata-rata (HMR) dan debit harian rata-rata (HR) mempunyai fluktuasi bulanan yang hampir identik. HMR dan HR terbesar masing-masing terdapat pada bulan April (14,0 m³/dt) dan Maret (28,6 m³/dt).

Pada saat HMR tercapai, debit sungai diasumsikan seluruhnya berasal dari mata air yang sekaligus juga mencerminkan *besarnya base flow* (aliran dasar). HR merupakan debit sungai yang airnya berasal dari *direct run off* (*surface runoff*) dan *base flow*.



Gambar 2.
Debit Harian Minimum dan Debit Harian Rata-Rata

Berdasarkan pedekatan ini dan mempertimbangkan faktor luas *catchment*, maka kapasitas, laju dan kumulatif infiltrasi serta runoff selama satu tahun dapat dihitung.

Perhitungan Infiltrasi Metoda Villinger

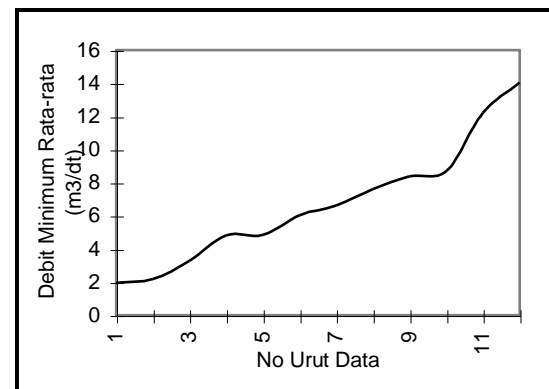
Metoda Villinger, adalah metoda yang digunakan untuk menentukan rata-rata debit harian minimum dan rata-rata.

Rata-rata debit harian minimum (Lampiran 2), diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar (Tabel 4). Dari hasil pengurutan tersebut dihitung nilai Q_i berdasarkan persamaan (3).

Nilai Q_i yang diperoleh sama dengan 6,05 m³/dt (Gambar 3). Berdasarkan nilai Q_i , dihitung besarnya kapasitas, laju dan kumulatif infiltrasi dengan persamaan (4).

Tabel 4
Hasil Pegurutan Data Debit Harian Minimum Rata-rata Sungai Cisangkuy

Uruta Data ke	HMR (m ³ /dt)
1	1.95
2	2.18
3	3.28
4	4.81
5	4.85
6	6.05
7	6.61
8	7.62
9	8.39
10	8.72
11	12.21
12	14.04



Gambar 3
Grafik Urutan Data HMR

Nilai G_i untuk Sub DAS Cisangkuy adalah 21,27 lt/dt/km². Angka ini setara dengan laju infiltrasi (f_i) sebesar $2,13 \cdot 10^{-5}$ lt/dt/m². Nilai f_i ini dihitung dengan persamaan (5).

Tabel 5
Rangkuman Hasil Perhitungan

No	Variabel	Simbol/satuan	Kuantitas
1.	Curah hujan	R (mm/tahun)	2414,0
2.	Debit Rata-rata dari HMR	Q_i (m ³ /dt)	6,05
3.	Luas DAS	A (km ²)	284,6
4.	Kapasitas Infiltrasi	G_i (lt/dt/km ²)	21,27
5.	Laju Infiltrasi	f_i (lt/dt/m ²)	$2,13 \cdot 10^{-5}$
6.	Kumulatif Infiltrasi	F_i (mm/tahun)	670,61
7.	Persentase dari Curah Hujan	%	27,8

Kumulatif infiltrasi (F_i) dihitung dengan persamaan (6). Hasilnya adalah 670,61 mm per

tahun (Cat: ketebalan hujan 1 mm sama dengan volume curah hujan 1 lt/m²).

Jika curah hujan rata-rata tahunan di Sub DAS ini sebesar 2414,0 mm/tahun, maka nilai F_i ini sama dengan 27,8 %. Rangkuman hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.

Perhitungan Runoff Metoda Villinger

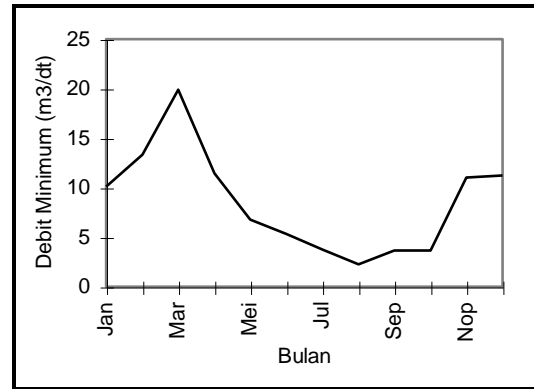
Runoff dihitung dengan menggunakan data dasar HR dan HMR. Besaran debit harian terdiri atas dua komponen yaitu komponen debit minimum atau *base flow* (aliran dasar) dan komponen *surface run off* (limpasan permukaan).

Pada debit harian rata-rata (HR) terdapat komponen debit harian minimum rata-rata (HMR) dan limpasan permukaan rata-rata (P). Dengan kata lain nilai P merupakan selisih antara HR dengan HMR (persamaan (9)).

$$P = HR - HMR \dots\dots\dots (9)$$

Perhitungan P disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 4. Pengurutan nilai P sebagai dasar untuk perhitungan kapasitas, laju dan kumulatif *run off* selama satu tahun disajikan pada Tabel 7.

Nilai P juga dicari rata-ratanya dengan menggunakan persamaan (2). Sehingga didapatkan nilai rata-rata debit dari debit limpasan permukaan rata-rata (Q_p). Nilai Q_p hasil perhitungan sebesar 6,75 m³/dt. Angka ini merupakan data urutan ke 6, sebagaimana disajikan pada Tabel 7 Gambar 5.



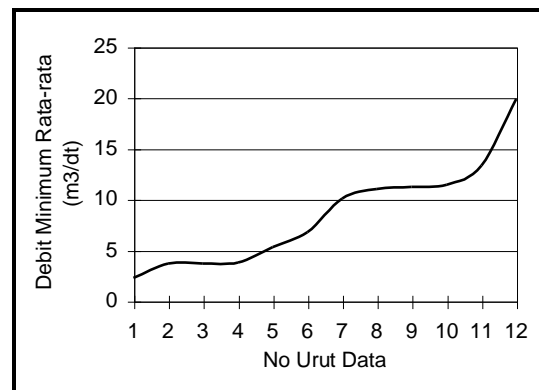
Gambar 4
Fluktuasi Debit Limpasan Permukaan Rata-rata (P)

Tabel 7
Pegurutan Data Limpasan Permukaan Rata-rata.(P)

No urut	Nilai P (m ³ /dt)
1	2.27
2	3.66
3	3.68
4	3.78
5	5.31
6	6.75
7	10.09
8	11.00
9	11.24
10	11.43
11	13.31
12	19.88

Tabel 6.
Perhitungan Nilai P Berdasarkan Nilai HR dan HMR

Bulan	HR (m3/dt)	HMR (m3/dt)	P (m3/dt)
Jan	22.2925	12.2075	10.085
Peb	20.93	7.62	13.31
Mar	28.60	8.72	19.88
Apr	25.48	14.04	11.434
Mei	12.80	6.05	6.748
Jun	10.15	4.85	5.306
Jul	7.07	3.28	3.784
Ags	4.45	2.18	2.266
Sep	5.62	1.95	3.676
Okt	8.47	4.81	3.662
Nop	17.61	6.61	11.004
Des	19.62	8.39	11.236



Gambar 5.
Grafik Urutan Data HMR

Tabel 8.
Hasil Perhitungan Surface Runoff

No	Variabel	Simbol/satuan	Kuantitas
1.	Curah hujan	R (mm/tahun)	2414,0
2.	Debit Surface Runoff Rata-rata	Q_p (m ³ /dt)	6,75
3.	Luas DAS	A (km ²)	284,6
4.	Kapasitas Surface Runoff	G_p (lt/dt/km ²)	23,71
5.	Laju Surface Runoff	f_p (lt/dt/m ²)	$2,37 \cdot 10^{-5}$
6.	Kumulatif Surface Runoff	F_p (mm/tahun)	747,73
7.	Persentase dari Curah Hujan	%	31,0

Perhitungan untuk mendapatkan kapasitas limpasan permukaan (*surface runoff* ; G_p), laju *surface runoff* (f_p) dan kumulatif *surface runoff* (F_p) dilakukan dengan cara yang sama dengan perhitungan infiltrasi. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8., menunjukkan bahwa *surface run off* di Sub DAS Csaingkyu mencapai 748 mm/tahun. Dengan curah hujan 2414,0 mm per tahun, maka *surface runoff* di kawasan ini mencapai sekitar 31 % dari curah hujan

KESIMPULAN

Wilayah studi mempunyai tingkat evapotranspirasi 978 mm/tahun atau sekitar 40,5 % dari rata-rata hujan tahunan dan 59,5 % dari curah hujan efektif.

Kapasitas infiltrasi wilayah studi sebesar 21,27 lt/dt/km², laju infiltrasi 2,13.10⁻⁵ lt/dt/m², dan infiltrasi kumulatif sebesar 670,61 mm per tahun atau sama dengan 27,8 % dari curah hujan.

Kapasitas limpasan hujan (*run off*) sebesar 23,71 lt/dt/km², atau sama dengan laju runoff 2,37.10⁻⁵ lt/dt/m². Angka ini sama dengan akumulasi runoff sebesar 748 mm/tahun atau sama dengan 31 % dari curah hujan.

Keseimbangan air adalah sebagai berikut : ketebalan hujan 2414 mm per tahun (100 %); 978 mm/tahun atau sekitar 40,5 % mengalami proses evapotranspirasi; 748 mm atau 28,5 % menjadi air infiltrasi; 671 mm atau 27,8 % *base flow* dan 0.7 % atau 77 mm menjadi simpanan air tanah , serta 748 mm atau 31 % menjadi runoff.

Penelitian ini bersifat studi pendahuluan, sehingga memerlukan pengkajian lebih jauh dan mendalam dalam aspek pengukuran runoff, infiltrasi dan perkolasi secara langsung di lapangan; konsumsi masyarakat dan industri terhadap air tanah dangkal dan airtanah dalam; dan pengkajian konservasi dan manajemennya.

DAFTAR PUSTAKA

- Black, P.E., 1991, *Watershed Hydrology*, Prentice Hall, New Jersey.
- Chow, V.T., D.R. Maidment, and L.W. Mays, 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Company, New York.
- Doorenbos, J., A.H. Kassam, etc., 1979, *Yield respons to Water (FAO Irrigation and Drainage paper)*. FAO - UNO, Rome.
- Doorenbos, J., W.O. Pruitt, etc., 1977. *Guidelines for Prediscing Crop Water Requirement (FAO Irrigation and Drainage paper)*. FAO - UNO, Rome.
- MOCK, F.J., 1973. *Water Availability Appraisal; Land capability Appraisal - Indonesia, FAO - UNO, Bogor - Indonesia*.
- Rohmat, D., (1996). *Potensi, Pemanfaatan dan Pengelolaan Airtanah DAS Cikapundung. Hidrogeologi - Rekayasa Pertambangan - ITB, Bandung*.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi (Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai; Hidrometri)*. Nova, Bandung.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda, 1976. *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.

Lampiran 1. Perhitungan Nilai Evapotranspirasi Menurut Penman

Parameter		Data Untuk Bulan												Jumlah
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
ea	mbar	28.95	29.12	28.95	28.61	28.44	29.63	28.44	28.27	29.12	29.29	29.46	29.12	
ed	mbar	24.28	23.64	21.54	23.71	23.15	23.18	21.73	19.90	21.66	22.21	23.84	20.97	
ea-ed	mbar	4.67	5.48	7.41	4.90	5.29	6.45	6.71	8.37	7.46	7.08	5.62	8.15	
U	km/hari	9.60	8.94	7.22	7.17	7.98	6.96	7.71	8.92	8.42	8.48	8.05	8.82	
Koreksi U (h = 5 m)	km/hari	8.16	7.60	6.13	6.09	6.78	5.92	6.55	7.58	7.15	7.21	6.84	7.50	
f(u)	km/hari	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	
1 - W		0.27	0.26	0.27	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	
Nilai Faktor Aerod. (FA)		0.36	0.42	0.56	0.36	0.39	0.48	0.52	0.65	0.57	0.54	0.42	0.62	
Ra	mm/hari	15.80	16.00	15.60	14.70	13.40	12.80	13.10	14.00	15.00	15.70	15.80	15.70	
N	Jam	12.30	12.30	12.10	12.00	11.90	11.80	11.80	11.90	12.00	12.20	12.30	12.40	
n	Jam	5.13	6.46	6.63	6.84	6.43	7.98	8.14	9.28	6.70	6.71	6.15	7.10	
n/N		0.42	0.53	0.55	0.57	0.54	0.68	0.69	0.78	0.56	0.55	0.50	0.57	
Rs	mm/hari	7.25	8.20	8.17	7.86	6.97	7.53	7.79	8.96	7.94	8.24	7.90	8.42	
Rns	mm/hari	5.43	6.15	6.13	5.90	5.23	5.65	5.85	6.72	5.95	6.18	5.93	6.31	
f(T)		15.10	15.12	15.10	15.26	15.24	15.18	15.04	15.02	15.12	15.14	15.16	15.12	
f(ed)		0.12	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	
f(n/N)		0.48	0.57	0.59	0.61	0.59	0.71	0.72	0.80	0.60	0.60	0.55	0.62	
Rn1	mm/hari	0.88	1.09	1.22	1.18	1.15	1.38	1.46	1.73	1.23	1.20	1.04	1.29	
Rn = Rns - Rn1	mm/hari	4.55	5.06	4.91	4.72	4.08	4.27	4.38	4.99	4.72	4.99	4.88	5.03	
Nilai Faktor Radiasi (W.Rn)	mm/hari	3.34	3.72	3.61	3.51	3.03	3.15	3.21	3.65	3.47	3.68	3.60	3.70	
FA + (W.Rn)	mm/hari	3.71	4.14	4.17	3.87	3.42	3.64	3.73	4.30	4.04	4.21	4.03	4.32	
c		0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	
Eto	mm/hari	2.82	3.15	3.17	2.94	2.60	2.76	2.83	3.27	3.07	3.20	3.06	3.29	
Hari/bulan	hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Eto	mm/bulan	87.30	88.17	98.36	88.22	80.60	82.90	87.78	101.33	92.20	99.30	91.82	101.87	1,099.83
Batas evapotranspirasi														
Permukaan terbuka (m)	%	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20	30	40	50	50	40	30	
E/Ep = (m/20)(18-n)	%	1.64	1.86	0.79	-0.57	7.21	10.14	16.18	28.00	36.07	21.79	7.00	0.64	
E	mm	1	2	1	-1	6	8	14	28	33	22	6	1	
Et = Eto - E	mm	85.87	86.54	97.59	88.72	74.78	74.49	73.58	72.96	58.94	77.66	85.39	101.21	977.73

Lampiran 2. Data Debit Harian Minimum dan Rata-rata Sub DAS Cisangkuy

1. Harian Minimum (m ³ /dt)												
Tahun	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1992	22.4	10.8	6.5	20.6	3.5	2.6	1.3	2.5	5.0	4.0	5.2	10.1
1993	9.0	8.1	6.6	9.3	3.1	5.7	1.6	2.3	2.5	1.7	1.8	9.1
1994	17.0	6.7	10.3	13.0	5.4	1.9	1.1	1.1	0.8	1.0	1.3	3.8
1997	-	-	-	1.5	1.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.5
1998	0.4	4.8	11.5	25.8	17.1	13.7	12.2	4.6	1.2	17.1	24.6	18.4
Rata-Rata	12.2	7.6	8.7	14.0	6.1	4.8	3.3	2.2	1.9	4.8	6.6	8.4
2. Harian Rata-rata (m ³ /dt)												
1992	30.4	20.9	34.8	31.4	12.6	8.8	3.0	4.1	8.9	8.8	31.9	24.6
1993	16.5	11.2	18.4	17.2	7.7	8.9	5.6	3.8	6.1	3.0	6.7	27.8
1994	35.0	22.0	29.2	32.9	11.8	6.0	1.3	1.2	1.6	1.5	4.5	9.9
1997	-	-	-	4.0	4.4	1.0	0.7	0.5	0.5	0.5	1.1	2.1
1998	7.3	29.6	32.0	41.9	27.5	26.0	24.7	12.7	11.0	28.6	43.9	33.7
Rata-Rata	22.3	20.9	28.6	25.5	12.8	10.2	7.1	4.5	5.6	8.5	17.6	19.6

Sumber : Balai Penyelidikan Hidrologi, Proyek Penelitian dan Pengembangan Hidrologi Bag. Proyek Hidrologi - Jabar.