



TEKNIK PERUNUT HIDROKIMIA UNTUK MEMPELAJARI DINAMIKA ALIRAN PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI

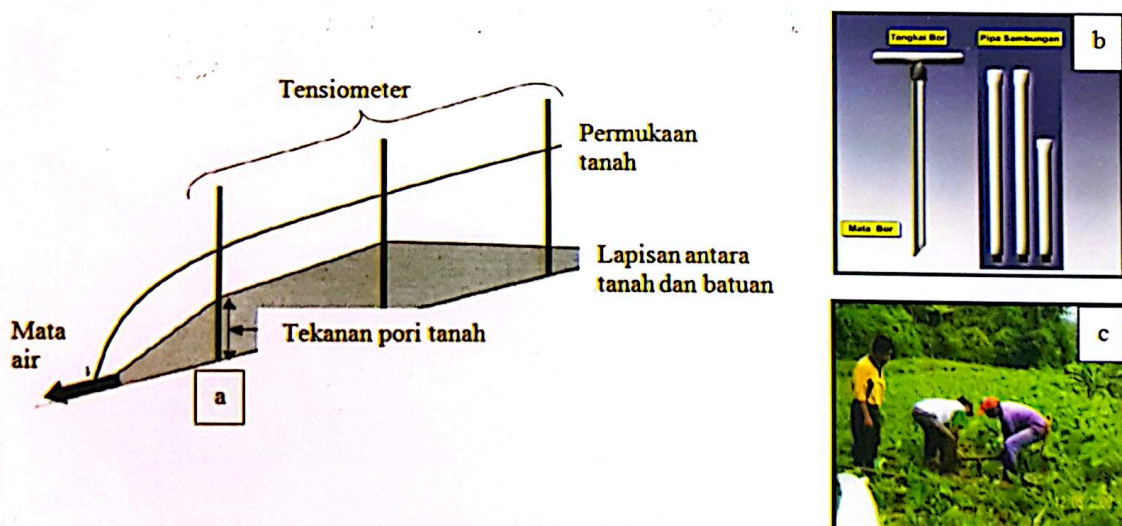
Pendahuluan

Unsur kimia air (hidrokimia) dapat dijadikan sebagai perunut dalam mempelajari proses aliran bawah permukaan di dalam suatu daerah aliran sungai (DAS). Perunut adalah zat kimia yang digunakan sebagai tanda untuk mengikuti berlangsungnya reaksi kimia atau proses fisika, atau untuk menunjukkan posisi atau lokasi suatu zat kimia. Penggunaan perunut hidrokimia lebih aman dibandingkan dengan perunut ion-ion lain seperti bromide dan chlorine. Unsur kimia air secara alami terkandung di dalam air baik air permukaan, air tanah (*soil water*) dan air bumi (*groundwater*). Keragaman musiman kandungan kimia air pada air hujan, air tanah, dan air bumi dapat memberikan informasi tentang proses campuran (*mixing*) kimia air dan proses transpor kimia air atau unsur hara pada zone tidak jenuh.

Aliran bawah permukaan berperan dalam transpor hara ke dalam badan air permukaan sehingga karakterisasi jalur aliran bawah permukaan dan asal muasal air penting untuk dipelajari. Untuk mempelajari hal tersebut diperlukan peralatan pengamatan untuk pengambilan sampel air untuk dianalisis kandungan unsur kimianya. Manfaat dari pengambilan contoh air secara kimiawi dan data-data perunut yang dihasilkan dapat membantu kalibrasi model hidrologi. Materi ini menyajikan informasi tata cara pemasangan peralatan untuk pengamatan hidrokimia dan dinamika aliran di DAS mikro Cakardipa, Sub DAS Cisukabirus, DAS Ciliwung Hulu, Bogor, Jawa Barat.

Pengamatan Kedalaman Tanah dan Batuan

Kedalaman tanah dan batuan (*bedrock*) diperlukan sebagai dasar dalam menentukan kedalaman pemasangan jaringan peralatan pengamatan hidrokimia seperti piezometer, tensiometer, dan *suction sampler*/alat untuk mengambil air tanah. Ilustrasi kedalaman batuan (lapisan antara tanah dan batuan) disajikan pada Gambar 1a.

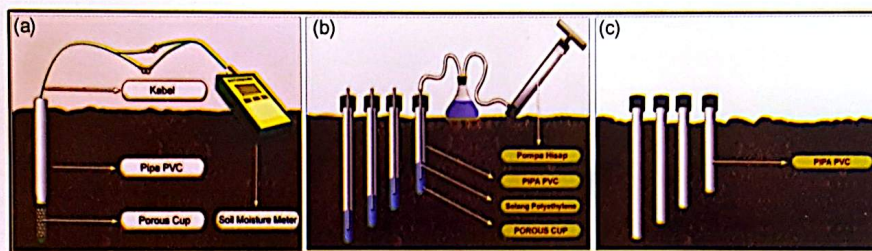


Gambar 1. (a) Ilustrasi posisi lapisan antara tanah dengan batuan (*bedrock*), (b) bor manual terbuat dari pipa besi baja yang dipergunakan untuk menentukan kedalaman batuan, dan (c) kegiatan pengeboran di DAS mikro Cakardipa, Sub DAS Cisukabirus, DAS Ciliwung Hulu

Salah satu cara untuk mengetahui kedalaman batuan dilakukan pengeboran tanah pada setiap kedalaman 50 cm sampai 1 m untuk melihat karakteristik tanah dan batuan pada kedalaman tersebut. Pengeboran dilakukan dengan menggunakan bor tangan diameter 1,25 dan 3,0 inci. Prototipe bor tangan dan kegiatan pengeboran untuk pengamatan kedalaman tanah dan batuan disajikan pada Gambar 1b dan c. Pengeboran dilakukan sebanyak 9 titik yaitu 5 titik pengamatan (L1 – L5) di lereng arah timur dan 4 titik di lereng arah barat (L6–L9).

Instalasi Peralatan Pengamatan Hidrokimia

Untuk memonitor pergerakan aliran bawah permukaan secara lateral (lateral subsurface flow), jaringan peralatan pengamatan hidrokimia dipasang di lereng sebelah timur dan barat sungai di DAS mikro Cakardipa yang memiliki panjang lereng berturut turut 54 dan 114 m, dengan kemiringan antara 0 sampai 40%. Pemasangan peralatan dilakukan pada suatu transek yang ditetapkan sesuai dengan jalur aliran air di lahan berlereng (hillslope). masing-masing sebanyak 5 titik pada lereng arah timur dan 4 titik pada lereng arah barat dari sungai di DAS mikro Cakardipa. Prototipe tensiometer, piezometer, dan suction sampler yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 2, dan distribusi kedalaman pemasangan peralatan pengamatan hidrokimia disajikan pada Tabel 1. Tensiometer dipergunakan untuk mengukur potensial air tanah, piezometer digunakan untuk mengukur kedalaman muka air tanah dan pengambilan contoh air bumi (groundwater), sedangkan suction sampler dipergunakan untuk menyedot sampel air tanah (soil water).



Gambar 2. Peralatan tensiometer (a), suction sampler (b), dan piezometer (c)

Tabel 1. Distribusi kedalaman pemasangan peralatan pengamatan hidrokimia

	Kedalaman (cm)	L1	L2	L3	L4	L5	Ahul sungai	L6	L7	L8	L9
Piezometer	25							v	v		
	50							v	v		
	100					v		v	v		
	150							v	v		
	200				v			v	v		
	250										
	300										
	400			v			v	v			
	900										
Tensiometer	25					v			v		
	50	v	v								
	100			v		v		v		v	v
	150				v				v		
	200			v	v				v		
	250	v	v					v		v	
	300							v			v
	350			v							
	400							v		v	
	550										v
	900	v									
Suction sampler	25					v			v		
	50	v	v	v		v		v		v	v
	100				v						
	150			v					v		
	200				v				v		
	250			v	v			v		v	
	300							v			v
	350	v	v	v							
	400							v		v	
	550										v
	900	v									

Keterangan: L1 –L 9 adalah lokasi pemasangan alat

Pengambilan Sampel Air

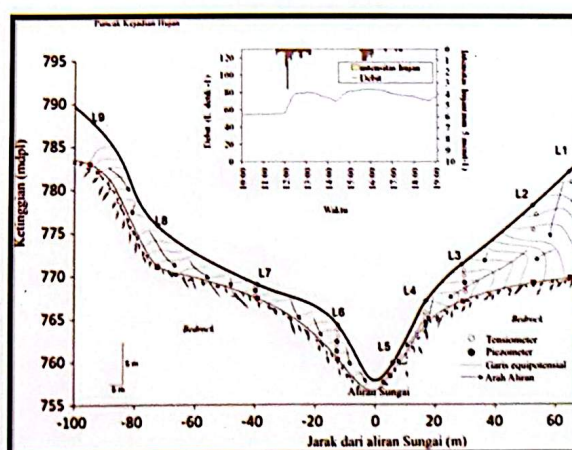
Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan suction sampler, kemudian dimasukkan kedalam botol sampel. Pengambilan sampel air meliputi air tanah dan air bumi (groundwater) (diambil dari jaringan peralatan pengamatan hidrokimia). Selain itu juga diambil sampel air sungai di bagian hulu, tengah, dan hilirnya. Analisis air dilakukan terhadap kandungan unsur: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , SiO_2 , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- , dan HCO_3^- . Anion ditentukan dengan ion chromatography, sedangkan kation dengan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Jumlah sampel dan metode pengambilannya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah sampel air dan metode pengambilannya

Jenis sampel	Metode pengambilan sampel	Jumlah lokasi sampling	Frekuensi	Total sampel
Air tanah	Suction sampler	21	Bulanan dan setiap kejadian hujan	193
Air bumi	Piezometer	16	Bulanan dan setiap kejadian hujan	412
Air sungai	Manual	3	Bulanan dan setiap kejadian hujan	87
Air hujan	Ombrometer	1	Pada saat kejadian hujan	16
Aliran permukaan	Chin-Ong meter	1	Pada saat kejadian hujan	140
Air saluran	Manual	1	Bulanan dan setiap kejadian hujan	26
Total		43		874

Dinamika Aliran Bawah Permukaan

Informasi kandungan kation (K , Na , Ca , Mg) dan anion utama (SiO_2 , SO_4 , NO_3 , Cl , HCO_3) yang dikombinasikan dengan hasil pengamatan debit secara hidrometrik dapat digunakan untuk: mempelajari dinamika aliran bawah permukaan, analisis campuran (mixing analysis) dalam hidrologi dan untuk penentuan sumber limpasan (source area); analisis komponen runoff berdasarkan separasi hidrograf secara geokimia; dan mempelajari hubungan antara konsentrasi dan debit dengan pencucian hara. Pada materi ini disajikan dinamika aliran bawah permukaan di DAS mikro Cakardipa, Sub DAS Cisukabirus, DAS CiliwungHulu pada saat puncak kejadian hujan tanggal 14 Februari 2010 (Gambar 3). Terdapat pola aliran yang berbeda pada segmen-segmen tertentu di sepanjang lereng pada saat debit mencapai puncaknya. Pola aliran tersebut terdiri dari: 1). Aliran vertikal di dekat punggung bukit, 2). Adanya perubahan arah aliran pada lereng bagian tengah (antara jaring pengamatan L2 dan L3) menjadi aliran lateral ke lereng bagian yang lebih bawah, 3). Adanya aliran yang bervariasi (vertikal dan lateral) antara batas lereng bagian bawah dengan daerah di dekat aliran sungai (antara jaring pengamatan L4 dan L6), 4). Adanya aliran lateral di dekat daerah aliran sungai dengan aliran sungai dan pada lapisan antara tanah dan batuan.



Gambar 3. Dinamika aliran bawah permukaan pada puncak kejadian hujan 14 Februari 2010 di DAS Mikro Cakardipa, DAS Cisukabirus, DAS Ciliwung Hulu

Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa area yang memiliki lereng curam, tanah tipis (seperti pada titik L9-L7) air akan bergerak secara vertikal, lalu tertahan pada lapisan antara tanah dan batuan (soil-bedrock interface), dan kemudian bergerak secara lateral (McDonnell 1990, Tani 1997, Sidle et al. 2000, Freer et al 2002, Uchida et al 2002).

Sidle et al. 2000, Freer et al 2002, Uchida et al 2002). Di daerah lereng air akan terinfiltrasi dengan cepat ke dalam tanah diikuti oleh meningkatnya tingkat kebasahan pada zona bawah permukaan yang dangkal, sehingga di daerah lereng sering tidak terjadi aliran permukaan. Menurut Subagyo (2002) air akan terdistribusi ke dalam profil tanah dan sebagian akan bergerak ke lereng bagian bawah pada kedalaman 1 meter dan ini merupakan aliran bawah permukaan. Lebih lanjut Subagyo (2002), Tanaka dan Ono (1998) mengatakan bahwa perubahan arah aliran air tanah di lereng dipengaruhi oleh ketebalan (kedalaman) tanah dan keadaan lereng. Lereng bagian bawah memiliki ketebalan tanah dan kedalaman batuan yang jauh lebih kecil dibandingkan lereng atas. Perbedaan kedalaman tanah dan batuan serta posisi titik pengamatan yang sangat berbeda ketinggiannya terdapat pada titik L4 dan L5, L5 dengan L6 serta L5 dan L6 dengan alur sungai. Akumulasi unsur hara pada umumnya meningkat di titik L5 dibandingkan dengan L4.

Penutup

Informasi dinamika aliran bawah permukaan pada suatu DAS bermanfaat dalam menyusun perencanaan pengelolaan lahan pertanian di daerah berlereng. Kesuburan tanah sangat dipengaruhi oleh perilaku unsur hara, sehingga status kesuburan tanah pada suatu DAS akan sangat dinamis dan dapat mempengaruhi produktivitas pertanian. Aliran air vertikal di lereng bagian bawah menyebabkan terjadinya akumulasi unsur hara. Besaran dan arah aliran bawah permukaan dapat mengakibatkan perubahan konsentrasi kimia air secara spasial dan temporal.

Bahan Bacaan

- Freer J., McDonnell J.J., Beven K.J., Peters N.E., Burns D.A., Hooper R.P. and Aulenbach B. 2002. The role of bedrock topography on subsurface storm flow. *Water Resources Research*. 38(12): 1269. doi:10.1029/2001 WR 000872.
- McDonnell J.J. 1990. A rationale for old water discharge through macropores in a steep, humid catchment. *Water Resources Research*. 26(11): 2821-2832.
- Sidle RC, Tsuboyama Y, Noguchi S, Hosoda I, Fujieda H and Shimizu T 2000. Stormflow generation in steep forested headwaters: a linked hydrogeomorphic paradigm. *Hydrological Processes*. 14(3): 369-385.
- Subagyo, K. 2002. Linking Runoff Process and Spatial and Temporal Variation of Water Chemistry in a Forested Headwater Catchment. PhD Dissertation in Geoscience. University of Tsukuba, Japan.
- Tani M. 1997. Runoff generation processes estimated from hydrological observations on a steep forested hillslope with a thin soil layer. *Journal of Hydrology*. 200: 84-109.
- Tanaka, T. and T. Ono. 1998. Contribution of soil water and its flow path to stormflow Generation in a forested headwater catchment in Central Japan. In Kovar K, Tappeiner U, Peters NE, Craig RG (eds.). *Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwater*. IAHS Publ. No 248: 181-188.
- Uchida T, Kosugi KI and Mizuyama T. 2002. Effects of pipe flow and bedrock groundwater on runoff generation in a steep headwater catchment in Ashiu, central Japan. *Water Resources Research* 38(7).

Nani Heryani

Info Agroklimat dan Hidrologi memuat informasi aktual dan inovasi teknologi hasil-hasil penelitian bidang agroklimat, hidrologi, dan pengelolaan air
Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian

Alamat Penyunting:
Jl. Tentara Pelajar No 1A, Bogor 16111
Telp : (0251) 8312760
E-mail : balitklimat@litbang.deptan.go.id
<http://www.balitklimat.litbang.deptan.go.id>

Penanggung jawab

Redaktur
Editor

Redaktur Pelaksana

: Kepala Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
: Haryono, Suciantini, Adang Hamdani
: Woro Estiningtyas, Le Istiqbal Amien, Setyono Hari A, Fadhullah Ramadhani
: Eko Prasetyo