

**PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN DAN KEMIRINGAN LERENG TERHADAP
C-ORGANIK DAN PERMEABILITAS TANAH DI SUB DAS CISANGKUY
KECAMATAN PANGALENGAN, KABUPATEN BANDUNG**

*The Effect of Land Use and Slope on C-Organic and Soil Permeability
in Sub Watershed Cisangkuy, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung*

Oleh

Reza Septianugraha dan Abraham Suriadikusumah

Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Jatinangor-Ujungberung Km.21, Bandung.

Alamat korespondensi: Reza Septianugraha (septianugraha.reza@gmail.com)

ABSTRAK

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan C-organik dan permeabilitas yang terjadi di Sub DAS Cisangkuy Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung dan juga pengaruh penggunaan lahan dan kemiringan lereng terhadap C-organik dan permeabilitas tanah di Sub DAS tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan metode survei fisiografik secara bebas, peta satuan lahan di buat untuk keperluan dalam pengambilan sampel dilapangan. Sebanyak 27 sampel didapatkan dari penggunaan lahan dan kemiringan lereng yang berbeda di lapangan. Penggunaan lahan yang diamati adalah hutan, perkebunan, dan tegalan sedangkan kemiringan lereng yang diamati adalah 8% - 15%, 16% - 25%, dan 26% - 40%. Hasil sampel yang sudah terkumpul dianalisis di laboratorium untuk menentukan nilai kandungan C-organik dan permeabilitas tanah dan akan di tentukan juga pengaruhnya terhadap penggunaan lahan dan kemiringan lereng menggunakan uji lanjut Duncan *Multiple Range Test*. Hasil penelitian menunjukan bahwa terdapat pengaruh penggunaan lahan dan kemiringan lereng terhadap kandungan C-organik dan permeabilitas di Sub DAS Cisangkuy Kecamatan Pangalengan. Penggunaan lahan hutan dengan kemiringan lereng 16 - 25% memberikan pengaruh terbaik terhadap kandungan C-organik (4,21%) di bandingkan dengan perlakuan lainnya dan penggunaan lahan hutan dengan kemiringan lereng 8 - 15% hanya memberikan pengaruh terbaik terhadap permeabilitas (12,87 cm/jam) dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Kata kunci: C-Organik, permeabilitas tanah, Sub DAS Cisangkuy

ABSTRACT

The objectives of this studi were to know the soil C-organic content and soil permeability in Sub-Watershed District Cisangkuy, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung as well as the effect of landuse and slope on soil C-organic and soil permeability in the sub-watershed. The methode used was free physiographic survey. Map units are made for the purpose of soil sampling in the field. Sample point to a total of 27 samples taken on a combination of land use and slope. The use of primary forest land is observed, plantations, and farm / moor while the observed slope is 8% - 15%, 16% - 25%, and 26% - 40%. Results of samples already in the analysis can be tested in the laboratory to determined the value of the C-organic and permeability and will be specified as well as its effects on land use and slope using advanced Duncan's test. The results showed that there is the influence of land use and slope towards the C-organic and permeability in the Sub-Watershed Cisangkuy of Pangalengan. A landuse of the escarpment forest with the slope 16 - 25% only gave the best effect in custom content of C-organic(4,21%) and a landuse of the escarpment forest with the slope 8 - 16% gave the best effect in custom content of permeability (12,87 cm/hour) in area of research between other treatment.

Key words: C-Organic, soil permeability, Sub Watershed Cisangkuy

PENDAHULUAN

DAS Citarum Hulu sebagai bagian dari DAS Citarum yang merupakan salah

satu DAS terbesar di Jawa Barat mencakup mata air sungai Citarum hingga Saguling dengan luas sekitar 1771 Km². DAS

Citarum Hulu terbagi ke dalam lima Sub DAS yaitu: Cikapundung, Citarik, Cirasea, Cisangkuy dan Ciwidey (Perum Otorita Jatiluhur, 1990).

Deforestasi dan degradasi DAS Citarum Hulu saat ini telah menjadi perhatian pemerintah Indonesia. Proses degradasi lingkungan akan meningkatkan aliran permukaan dan erosi yang akut di daerah hulu DAS yang mengakibatkan merosotnya produksi pertanian, selain itu secara musiman akan berdampak pada menurunnya surplus dan defisit suplai air di daerah hilir.

Pertumbuhan penduduk yang tinggi mengakibatkan kebutuhan akan lahan semakin meningkat, sehingga dapat menjadi suatu ancaman bagi lingkungan hidup. Selama ini pemanfaatan sumberdaya lahan untuk kepentingan kegiatan pembangunan telah mengakibatkan terganggunya keseimbangan lahan dan sumberdaya alam lainnya. Berkurangnya hutan, hilangnya habitat alami, pencemaran dan erosi tanah menjadi permasalahan yang semakin memperburuk kondisi Sub DAS Cisangkuy.

Penelitian ini difokuskan pada wilayah Kecamatan Pangalengan, yang dominan merupakan daerah perkebunan, peternakan dan pariwisata. Daerah penelitian ini memiliki penggunaan lahan dan kemiringan lereng yang beragam, dan dua faktor tersebut selalu dipertimbangkan

pengaruhnya dalam pengolahan lahan. Penggunaan lahan dan kemiringan lereng sangat diperhatikan karena pengaruhnya terhadap erosi tanah, pembentukan tanah, serta sifat-sifat tanah (biologi, fisik, dan kimia tanah). Sifat-sifat tanah yang dipengaruhi oleh dua faktor tersebut diantaranya adalah kandungan bahan organik dan nilai permeabilitas tanah. Kemiringan lereng sangat berpengaruh terhadap proses pelapukan dan perkembangan tanah, pencucian dan pengangkutan tanah. Penggerusan tanah oleh air pada daerah berlereng juga mengakibatkan tanah mulai terkikis dan terangkut, pada akhirnya meninggalkan tanah yang kurang subur sehingga produktivitas tanah dan tanaman menurun. Bermanakusumah (1978), mengungkapkan bahwa kecepatan aliran permukaan yang tinggi menyebabkan kapasitas penghancuran semakin tinggi pula, sehingga apabila kemiringan semakin curam maka akan lebih cepat pula tanah tersebut mengalami penurunan kualitasnya. Penggunaan lahan mempengaruhi besarnya kandungan C-organik, nitrogen, fosfor, kapasitas tukar kation (Maranon *et al.*, 2002), permeabilitas, porositas, infiltrasi (Arifin *et al.*, 2003), serta erosi tanah. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian Yusrial *et al.* (2004), bahwa pada lahan tegalan terjadi penurunan bahan organik, permeabilitas dan porositas tanah.

Pangalengan mengalami perambahan lahan pertanian di lahan-lahan berlereng yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi. Perubahan tata guna lahan yang tidak mengikuti kaidah konservasi serta kondisi topografi yang didominasi oleh pegunungan salah satu penyebab DAS Citarum hulu khususnya Sub DAS Cisangkuy tidak bisa terlepas dari masalah erosi yang memberikan masalah turunan mulai dari masalah erosi hingga kualitas DAS yang memburuk.

Berkaitan dengan hal tersebut maka dilakukan penelitian guna mendapatkan informasi sejauh mana pengaruh penggunaan lahan dan kemiringan lereng terhadap C-organik dan Permeabilitas tanah di Sub DAS Cisangkuy Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2011 sampai dengan bulan Agustus 2011 yang terdiri dari kegiatan survai lapangan, analisis laboratorium dan pengolahan data. Lokasi penelitian berada di DAS Cisangkuy, Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung. Selain itu, Kegiatan pengolahan dan analisis data dilaksanakan di laboratorium Fisika Tanah, Kesuburan Tanah, dan Komputer Jurusan Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran,

Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang.

Penelitian ini dilakukan dengan metode survai, komparatif dan deskriptif melalui pendekatan fisiografik (*fisiography approach*) secara bebas, yaitu metode survai berdasarkan penampakan fisiografis lahan dan pengambilan contoh tanah dilakukan secara transek pada lereng yang sama tanpa memperhitungkan jarak antar titik pengamatan.

Pengamatan dan pengambilan contoh tanah dilakukan pada satuan lahan yang telah ditentukan pada peta satuan lahan yang merupakan hasil analisis lansekap dari peta jenis tanah, penggunaan lahan, kelas kemiringan lereng dan curah hujan yang sama. Variabel yang diamati berupa kemiringan lereng dan penggunaan lahan. Kemiringan lereng yang diamati terdiri dari tiga kelas lereng seperti yang diungkapkan Christian dan Stewart (1968), yaitu : 8-15%, 16-25 % dan 26-40%. Jenis penggunaan lahan yang diamati adalah : hutan, tegalan, dan perkebunan (Tabel 1). Masing masing taraf dikombinasikan, diulang 3 (tiga) kali, sehingga jumlah sampel yang diambil sebanyak 27 titik. Pengamatan dilakukan pada kemiringan dan jenis penggunaan lahan tersebut dikarenakan pada kemiringan dan posisi lereng itulah proses erosi lebih berpotensi terjadi.

Tabel 1. Kombinasi pengambilan contoh tanah pada setiap kelas kemiringan lereng dan penggunaan lahan

Unit	Penggunaan lahan	Kemiringan lereng (%)
A	Hutan	8 – 15
B	Hutan	16 – 25
C	Hutan	26 – 40
D	Perkebunan	8 – 15
E	Perkebunan	16 – 25
F	Perkebunan	26 – 40
G	Tegalan	8 – 15
H	Tegalan	16 – 25
I	Tegalan	26 – 40

Permasalahan penting yang dicermati dalam penelitian ini adalah kelas kemiringan dan pola penggunaan lahan sehingga, dari satuan fisiografis dibentuk satuan peta lahan yang dibedakan oleh penggunaan lahan dan kemiringan lereng.

Survai dimaksudkan untuk mengecek kelas kemiringan lereng dan penggunaan lahan di lapangan. Pengamatan penggunaan lahan dilakukan dengan rujukan peta penggunaan lahan serta data penggunaan lahan. Adapun pengamatan kemiringan lereng dilakukan dengan menggunakan alat klinometer.

Pengambilan data tanah dari beberapa contoh tanah bertujuan untuk menentukan beberapa sifat tanah. Pengambilan contoh tanah langsung dilakukan dengan membuat minipit. Pengambilan contoh tanah utuh dilakukan untuk penentuan permeabilitas tanah dengan menggunakan ring sampler. Pengambilan contoh tanah komposit dilakukan untuk penentuan kelas tekstur dan kandungan bahan organik tanah.

Setiap unit lahan yang telah di ambil sampelnya dan sudah di analisis, hasilnya dihitung persen C-organik dan permeabilitasnya dan juga dilakukan uji statistik untuk mengetahui pengaruh atas penggunaan lahan dan kemiringan lereng terhadap C-organik dan permeabilitas tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penggunaan Lahan dan Kemiringan Lereng Terhadap C-organik

Analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan lahan dan kemiringan lereng berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik dan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa nilai kandungan C-organik berbeda nyata pada setiap kombinasi penggunaan lahan dan kemiringan lereng.

Terdapatnya pengaruh nyata pada berbagai penggunaan lahan dan kemiringan lereng diduga karena sudah tingginya tingkat erosi di daerah penelitian, sehingga

kandungan C-organik pada tanah sudah banyak tergerus, terlebih pada lereng yang curam dan pada lahan berkanopi kurang rapat. Pengamatan di lokasi pengambilan sampel khususnya pada lahan perkebunan dan tegalan menunjukkan adanya erosi alur dengan pembentukan parit-parit sedalam 20 cm dan tidak jarang batuan induk pun sudah muncul di permukaan tanah.

Berdasarkan uji Duncan (Tabel 2) memperlihatkan bahwa kandungan C-organik tertinggi terdapat pada penggunaan lahan hutan dengan kemiringan lereng 16%-25%, dibandingkan dengan penggunaan lahan hutan dengan kemiringan lereng 8%-15% yang hanya memiliki kandungan C-organik terbesar kedua. Hal ini diduga karena pada penggunaan hutan dengan kemiringan lereng 16-25% memiliki vegetasi yang rapat, dan banyaknya serasah dari sisa-sisa tanaman yang terdekomposisi sehingga menjadi asupan C-organik ke dalam tanah. Disisi

lain, pada lahan hutan dengan kemiringan lereng 8%-15% banyak masyarakat sekitar memanfaatkan ranting dan dahan kayu hutan sebagai kayu bakar. Selain itu, pada daerah kemiringan lereng 8-15% masyarakat lebih mudah menjangkau lokasi dibandingkan dengan kemiringan hutan 16-25%.

Secara umum terlihat bahwa penggunaan lahan non hutan menunjukkan kadar C-organik yang relative rendah dibandingkan dengan penggunaan lahan hutan, namun kerapatan vegetasi juga mempengaruhi terhadap kandungan c-organik, hal ini terlihat pada kondisi pada lahan tegalan, rata-rata memiliki kandungan C-organik yang lebih rendah dibandingkan dengan lahan hutan dan perkebunan. Rendahnya kandungan C-organik disebabkan pada lahan tegalan memiliki jumlah tegakan pohon yang lebih sedikit dibandingkan dengan unit satuan lahan yang lain, sehingga kerapatan

Tabel 2. Pengaruh penggunaan lahan dan kemiringan lereng terhadap C-organik tanah (%)

Unit	Variabel	C-organik (%)
A	Hutan (8 - 15%)	4,18 bc
B	Hutan (16 - 25%)	4,21 c
C	Hutan (26 - 40%)	4,08 abc
D	Perkebunan (8 - 15%)	4,06 abc
E	Perkebunan (16 - 15%)	4,01 ab
F	Perkebunan (26 - 40%)	4,01 ab
G	Tegalan (8 - 15%)	4,00 a
H	Tegalan (16 - 15%)	3,99 a
I	Tegalan (26 - 40%)	3,93 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%.

vegetasi penutup tanahnya pun kurang mampu untuk menahan energi air hujan yang jatuh ke tanah. Energi tersebut akan menghancurkan struktur tanah dan menggerusnya sehingga kandungan C-organik yang banyak pada permukaan tanah terbawa aliran permukaan, selain itu terbukanya kondisi tanah karena kurang rapatnya vegetasi meningkatkan suhu tanah yang berdampak pada laju dekomposisi bahan organik yang berlangsung cepat, menurut pendapat Monde *et al.* (2008) bahwa lahan hutan memiliki kandungan bahan organik tinggi karena adanya suplai bahan organik yang terus-menerus dari vegetasi hutan sehingga terjadi penumpukan, kondisi stabil tersebut memungkinkan dekomposisi bahan organik berlangsung secara alami, namun sebaliknya pada lahan pertanian proses dekomposisi berlangsung dengan cepat karena adanya pengelolaan dari petani selain itu dengan terbukanya lahan, suhu tanah juga meningkat sehingga laju dekomposisi bahan organik berlangsung cepat. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa kandungan bahan organik pada lahan sayuran lebih kecil dibandingkan dengan lahan hutan. Selain itu, sistem pertanian intensif dapat mengurangi asupan bahan organik ke dalam tanah. Yusrial *et al.* (2004) menyatakan bahwa pada lahan tegalan terjadi penurunan bahan organik. Rendahnya C-organik

disebabkan oleh rendahnya sumbangan bahan organik yang berasal dari daun, ranting, serta akar dari penggunaan lahan yang intensif. Pada saat pelapukan bahan organik menurun, persediaan karbon dalam tanah menipis dan jumlah jasad renik juga berkurang. Sehingga dapat disimpulkan C-organik pada tanah menjadi sangat rendah.

C-organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar karbon dalam bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Menurunnya kadar bahan organik merupakan salah satu bentuk kerusakan tanah yang umum terjadi. Kerusakan tanah merupakan masalah penting bagi negara berkembang karena intensitasnya yang cenderung meningkat sehingga tercipta tanah-tanah rusak yang jumlah maupun intensitasnya meningkat.

Berdasarkan hasil uji statistik kemiringan lereng juga sangat mempengaruhi kandungan C-organik tanah. Hasil pengukuran C-organik di area penelitian menunjukkan bahwa kandungan C-organik terkecil terdapat pada penggunaan lahan tegalan dengan kemiringan 26-40%. Hal ini dikarenakan dengan kemiringan lereng yang curam menyebabkan energi kinetik aliran permukaan menjadi besar, sehingga energi untuk melepaskan dan mengangkut lapisan

atas tanah juga menjadi besar energi tersebut merupakan salah satu syarat terjadinya erosi di suatu tempat. Setelah terjadi pengangkutan lapisan atas tersebut, kandungan C-organiknya menjadi rendah, karena lapisan atas tanah yang kaya akan bahan organik ikut hanyut oleh aliran permukaan menuju ke daerah yang lebih landai. Hal senada diungkapkan oleh Monde *et al.* (2008) bahwa system pertanian yang relative terbuka memungkinkan terjadinya erosi sangat besar, ketika terjadi aliran permukaan sebagian besar c-organik terbawa erosi. Sebaliknya pada lahan hutan memiliki kandungan C-organik yang lebih tinggi, kondisi ini disebabkan penumpukan bahan organik pada lantai hutan lebih banyak.

Pengaruh Penggunaan Lahan dan Kemiringan Lereng Terhadap Permeabilitas Tanah

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan terlihat bahwa nilai rata-rata permeabilitas pada setiap kombinasi penggunaan lahan dan kemiringan lereng berbeda nyata (Tabel 3). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa jenis penggunaan lahan dan kemiringan lereng memberikan respon yang berbeda terhadap nilai permeabilitas tanah.

Jenis penggunaan lahan diduga memberikan pengaruh terhadap permeabilitas dari ada atau tidaknya pengolahan tanah pada tiap-tiap jenis penggunaan lahan tersebut. Hal ini

dikarenakan terjadi pemadatan tanah yang disebabkan oleh pengolahan tanah yang terus menerus, sehingga mengakibatkan berkurangnya porositas tanah. Gaya tekan yang diberikan oleh alat pengolahan tanah akan memperkecil ukuran pori-pori tanah sehingga akan mengurangi kemampuan tanah tersebut dalam meloloskan air. Hal ini dibuktikan pada penggunaan lahan tegalan memiliki nilai permeabilitas yang lebih rendah, jika dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya.

Pengolahan tanah pada lahan tegalan lebih intensif dibandingkan pada lahan perkebunan. Sedangkan pada penggunaan lahan hutan memiliki nilai permeabilitas paling tinggi diantara penggunaan lahan lainnya, dikarenakan tidak adanya pengolahan tanah. Arifin (2010) menyatakan bahwa pengelolaan tanah yang intensif secara terus menerus tanpa mengistirahatkan tanah dan tanpa penambahan bahan organik berakibat merusak struktur tanah. Selanjutnya berakibat pada permeabilitas tanah yang menjadi menurun.

Selain itu sistem perakaran diduga mempengaruhi besarnya nilai permeabilitas. Hal ini dibuktikan pada lahan hutan yang memiliki sistem fisiologi perakaran yang dalam dan kokoh. Hutan juga memiliki sistem penyangga kehidupan. Pohon yang tajuk-tajuknya saling menaungi akan mampu menahan jatuhnya titik air hujan

Tabel 3. Pengaruh Penggunaan Lahan dan Kemiringan Lereng terhadap Nilai Permeabilitas Tanah.

Unit	Variabel	Permeabilitas (cm/jam)
A	Hutan (8 - 15%)	12,87 d
B	Hutan (16 - 25%)	12,08 cd
C	Hutan (26 - 40%)	9,86 bcd
D	Perkebunan (8 - 15%)	7,28 abc
E	Perkebunan (16 - 15%)	7,53 abc
F	Perkebunan (26 - 40%)	7,31 abc
G	Tegalan (8 - 15%)	6,30 ab
H	Tegalan (16 - 15%)	6,11 ab
I	Tegalan (26 - 40%)	4,22 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%.

atas tanah. Dengan bantuan tumbuhan lantai hutan, serasah dan humus memiliki peranan yang sangat penting bahkan lebih penting di banding dengan tegakan pohon itu sendiri. Serasah dan humus berperan dalam meningkatkan pori tanah karena banyak disukai oleh organisme tanah sehingga meningkatkan permeabilitas tanah dan mencegah butiran-butiran air hujan mengenai langsung permukaan tanah. Butiran-butiran tersebut yang akan menghancurkan agregasi tanah sehingga tanah tersebut akan mudah terangkut saat adanya aliran permukaan, selain itu secara tidak langsung akar-akar tanaman dengan selaput koloidalnya akan mengikat butir-butir tanah, sehingga tanah menjadi remah dan memiliki pori yang baik.

Lain halnya yang terjadi pada penggunaan lahan perkebunan dan tegalan, pada penggunaan tersebut sangat sedikit sekali di temukan serasah-serasah dan

humus sehingga pada saat hujan turun butiran air hujan akan langsung mengenai permukaan tanah yang berakibat tanah tersebut terpecah dan lapisan atas dari tanah tersebut akan terbawa aliran permukaan yang diperparah dengan topografi daerah penelitian yang sangat beragam sehingga energi aliran permukaan akan menjadi besar di daerah lahan berlereng miring selain itu sistem perakaran pada daerah ini kurang mampu melakukan penetrasi sehingga pori-pori yang dihasilkan kurang baik di bandingkan dengan pada penggunaan lahan hutan.

KESIMPULAN

1. Jenis penggunaan lahan dan kemiringan lereng berpengaruh terhadap kandungan C-organik dan permeabilitas tanah di Sub DAS Cisangkuy Kecamatan Pangalengan.

2. Jenis Penggunaan lahan hutan dengan kemiringan lereng 16-25% memberikan pengaruh terbaik terhadap kandungan C-organik (4,21%) dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan jenis penggunaan lahan hutan dengan kemiringan lereng 8-15% memberikan pengaruh terbaik terhadap permeabilitas tanah (12,87 cm/jam) dibanding dengan perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin., S, H. Widiyanto, A G. Wattimena, T. Djogo dan L. Sundawati. 2003. *Agroforestri di Indonesia*. World Agroforestry Centre, Bogor.
- Arifin, M. 2010. Kajian Sifat Fisik Tanah dan Berbagai Penggunaan Lahan Dalam Hubungannya Dengan Pendugaan Erosi Tanah. *Jurnal Pertanian Mapeta XII(2): 1411-2817*.
- Bermanakusumah, R. 1978. *Erosi, Penyebab dan Pengendaliannya*. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Christian, C.S. and G.A. Stewart. 1968. Methodology of Integrated Survey. Process. Proc. Unesco Conf. On Aerial Surveys and Integrated Studies, Foulouse, France.
- Maranon, M., M. Soriano, G. Delgado and R. Delgado. 2002. Soil Equality in Mediteranian Mountain Environments: Effect of Land Use Change. *Soil Science Society American Journal*. 66:94t-958.
- Monde, A, N. Sinukaban, K. Murtilaksono, N. Pandjaitan. 2008. Dinamika Karbon (C) Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Petanian. *Jurnal Agroland*. 15(1):22-26.
- Perum Otorita Jatiluhur. 1990. *Water Balance Analysis in the Upper Citarum Watershed*. Otorita Jatiluhur, Purwakarta.
- Yusrial., S., Notohadisuarno dan S. Wisnubroto. 2004. Infiltrasi, Sifat Fisik Tanah dan Erosi pada Berbagai Lereng Tangkapan Mikro Sub Das Kali Babon Kabupaten Semarang. *Journal Agrosain*. 17 (3).