

**PENGARUH JENIS PENGGUNAAN LAHAN DAN
KELAS KEMIRINGAN LERENG TERHADAP BOBOT
ISI, POROSITAS TOTAL, DAN KADAR AIR TANAH
PADA SUB-DAS CIKAPUNDUNG HULU**

Oleh :

Daud S. Saribun



**JURUSAN ILMU TANAH FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS PADJADJARAN
JATINANGOR
2007**

ABSTRAK

Daud S. Saribun , 2007. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi, Porositas Total, dan Kadar Air Tanah Pada Sub-DAS Cikapundung Hulu.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis penggunaan lahan dan kelas kemiringan lereng terhadap bobot isi, porositas total, dan kadar air tanah. Penelitian dilaksanakan dari bulan April sampai dengan bulan Mei 2007, di sub-DAS Cikapundung Hulu, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode survai bebas atau metode satuan lahan. Teknik sampling berdasarkan metode sampel pertimbangan secara bertingkat. Contoh tanah diambil dari tiga jenis penggunaan lahan, yaitu tegalan, hutan campuran, dan hutan pinus, pada tiga kelas kemiringan lereng, yaitu 8-15%, 15-30%, dan 30-45%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis penggunaan lahan memiliki pengaruh nyata terhadap bobot isi, porositas total, dan kadar air tanah. Berdasarkan uji Duncan, nilai bobot isi yang paling tinggi serta porositas total dan kadar air tanah yang paling rendah terdapat pada penggunaan lahan tegalan. Kemiringan lereng tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot isi dan porositas total tanah, tetapi memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air tanah. Lereng 15-30% dan 30-45% memiliki nilai kadar air tanah yang paling rendah.

ABSTRACT

Daud S. Saribun, 2007. The Effect of Various Land Use and Slope Classes on Soil's Bulk Density, Total Porosity, and Soil's Water Content in Sub-DAS Cikapundung Hulu.

The research was conducted to find out the effect of various land use and slope classes on soil's bulk density, total porosity, and soil's water content. The research was carried out from April 2007 up to May 2007 in sub-DAS Cikapundung Hulu which area was located in Lembang District, West Bandung Regency, West Java.

The research was done with free survey method or land unit method. Sampling technique was based on purposive stratified sampling method. Soil sampling was carried onto three type of land uses, consist of dry land cultivations, forest, and forest of pinus, in the three classes of slope, as follow 8-15%, 15-30%, and 30-45%.

The result of this research showed that various land use had significant effect on the value of soil's bulk density, total porosity, and soil's water content. Based on Duncan test, an optimum value of soil's bulk density, and an minimum value of total porosity and soil's water content reached by dry land cultivations. Slope had no significant effect for soil's bulk density and total porosity, but slope had significant effect for soil's water content. class of 15-30% and 30-45% had an minimum value for soil's water content.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi, Porositas Total, dan Kadar Air Tanah Pada Sub-DAS Cikapundung Hulu”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada Dinas Kehutanan yang bersedia membantu survei lapangan dan menyediakan data-data yang diperlukan selama penelitian dan penyusunan tulisan ini.

Akhir kata, atas kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis semoga mendapat balasan dari Allah SWT. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan Ilmu Tanah.

Bandung , September 2007

Daud S. Saribun

DAFTAR ISI

Bab	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR PETA	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Tujuan dan Kegunaan Penelitian.....	3
1.4. Kerangka Pemikiran	3
1.5. Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Penggunaan lahan	8
2.2. Topografi	11
2.3. Bobot Isi Tanah	14
2.4. Porositas Total Tanah	15
2.5. Kadar Air Tanah	16
2.6. Erosi	17
III. BAHAN DAN METODE	21
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	21
3.3. Rancangan Penelitian	22
3.3.1. Rancangan Perlakuan.....	22
3.3.2. Rancangan Respon	23
3.3.3. Rancangan Analisis	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Keadaan Umum Daerah Penelitian	28

4.1.1. Penggunaan Lahan	29
4.1.2. Lereng	31
4.1.3. Tanah	32
4.2. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi Tanah	33
4.2.1. Pengaruh Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi Tanah	33
4.2.2. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan Terhadap Bobot Isi Tanah .	35
4.3. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Porositas Total Tanah	38
4.3.1. Pengaruh Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Porositas Total Tanah	38
4.3.2. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan Terhadap Porositas Total Tanah	39
4.4. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Kadar Air Tanah	42
4.4.1. Pengaruh Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Kadar Air Tanah	42
4.4.2. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan Terhadap Kadar Air Tanah	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng.....	13
2.	Analisis Sidik Ragam.....	27
3.	Penerapan Pola Tanam.....	31
4.	Analisis Varians Untuk Variable Bobot Isi Tanah.....	33
5.	Uji Duncan Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi Tanah	34
6.	Uji Duncan Penggunaan Lahan Terhadap Bobot Isi Tanah	35
7.	Analisis Varians Untuk Variable Porositas Total Tanah.....	38
8.	Uji Duncan Kemiringan Lereng Terhadap porositas total Tanah.....	39
9.	Uji Duncan Penggunaan Lahan Terhadap porositas total Tanah.....	39
10.	Analisis Varians Untuk Variable Kadar Air Tanah	42
11.	Uji Duncan Kemiringan Lereng Terhadap Kadar Air Tanah	43
12.	Uji Duncan Penggunaan Lahan Terhadap Kadar Air Tanah	44

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Prosedur Pengambilan Contoh Tanah Utuh (<i>Undisturbed Soil</i>)	50
2.	Penentuan Bobot isi Tanah.....	51
3.	Penentuan Porositas Total Tanah	52
4.	Penentuan Kadar Air Tanah	53
5.	Data Curah Hujan	54
6.	Uji Kenormalan Bobot Isi Tanah Menggunakan Uji Shapiro Wilk...	55
7.	Uji Kenormalan Porositas Total Menggunakan Uji Shapiro Wilk	57
8.	Uji Kenormalan Kadar Air Tanah Menggunakan Uji Shapiro Wilk .	59
9.	Data Hasil Pengamatan Bobot Isi Tanah	61
10.	Data Hasil Pengamatan Porositas Total Tanah	62
11.	Data Hasil Pengamatan Kadar Air Tanah	63
12.	Perhitungan Uji Lanjut Duncan (Bobot Isi Tanah)	64
13.	Perhitungan Uji Lanjut Duncan (Porositas Total Tanah).....	65
14.	Perhitungan Uji Lanjut Duncan (Kadar Air Tanah)	66

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2001). Ekosistem DAS, terutama DAS hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap keseluruhan bagian DAS. Perlindungan ini antara lain dari segi pengaturan fungsi tata air dan tanah. Seyhan (1977) dalam Gunawan dan Hartono (2000) menyebutkan bahwa karakteristik DAS dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu: (1) faktor lahan (topografi, tanah, geologi, dan geomorfologi); dan (2) faktor vegetasi dan penggunaan lahan.

Lahan merupakan sumberdaya alam yang jumlahnya terbatas. Kebutuhan akan sumberdaya lahan oleh manusia yang semakin meningkat telah memberikan corak tersendiri terhadap pola penggunaan lahan di suatu kawasan. Dampak yang ditimbulkan adalah terjadinya perubahan tata guna lahan, seperti perubahan pemanfaatan lahan dari hutan ke pertanian dan pemanfaatan lahan lainnya, yang dapat mengganggu stabilitas tata air dan tanah (Asdak, 2003).

Karakteristik lahan pada suatu DAS sangat bervariasi tergantung keadaan topografi, iklim, geologi, tanah, dan vegetasi yang menutupinya. Vegetasi dapat membuat keadaan tanah menjadi lebih gembur serta memperhalus agregat tanah. Terbentuknya agregat tanah yang lebih halus akan menyebabkan bobot isi tanah

menurun dan porositas tanah yang tinggi. Hal ini akan menyebabkan terdapat banyak pori makro dan mikro sehingga permeabilitas lebih cepat dan meningkatkan kadar air tanah. Selanjutnya, hal ini akan berpengaruh terhadap laju infiltrasi dan menurunkan aliran permukaan tanah. Sebaliknya, hilangnya vegetasi (hutan) pada daerah aliran sungai, terutama di bagian hulu dapat menyebabkan meningkatnya laju erosi. Erosi yang berlangsung secara terus menerus dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas (*top-soil*), sehingga menyebabkan penurunan kualitas sifat fisik tanah.

Kemiringan lereng merupakan faktor lain yang mempengaruhi keadaan suatu DAS selain penggunaan lahan. Wilayah DAS bagian hulu yang terletak di dataran tinggi yang pada umumnya didominasi oleh lahan dengan kemiringan lereng di atas 15%. Kondisi wilayah tersebut berpotensi mengalami erosi yang besar. Erosi akan meningkat apabila lereng semakin curam. Selain dari memperbesar jumlah aliran permukaan, semakin curamnya lereng juga memperbesar energi angkut air. Hal ini disebabkan gaya berat yang semakin besar sejalan dengan semakin miringnya permukaan tanah dari bidang horizontal sehingga lapisan tanah atas yang tererosi akan semakin banyak.

Berdasarkan karakteristik DAS tersebut di atas, faktor penggunaan lahan, vegetasi, dan kemiringan lereng dapat direkayasa oleh manusia, sedangkan faktor-faktor yang lain lebih bersifat alamiah sehingga sulit dikontrol oleh manusia. Dengan demikian, perubahan tata guna lahan serta pengaturan vegetasi dan rekayasa kemiringan lereng menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

- 1). Apakah jenis penggunaan lahan dan kelas kemiringan lereng berpengaruh terhadap besarnya bobot isi, porositas total, serta kadar air tanah ?
- 2). Jenis penggunaan lahan dan kelas kemiringan lereng manakah yang memiliki bobot isi tinggi, serta porositas total dan kadar air tanah yang paling rendah ?

1.3. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan tujuan untuk menelaah pengaruh jenis penggunaan lahan dan kelas kemiringan lereng terhadap bobot isi, porositas total, serta kadar air tanah pada lahan di sub-DAS Cikapundung Hulu.

Penelitian ini diharapkan dapat memperluas pandangan ilmiah serta memberikan sumbangan bagi perkembangan ilmu tanah, khususnya bidang tata guna lahan, evaluasi lahan, serta konservasi tanah dan air. Selain itu untuk melengkapi informasi mengenai beberapa karakteristik sifat fisik tanah yaitu bobot isi, porositas total, dan kadar air tanah, dan juga dapat dijadikan sebagai dasar pertimbangan dalam melakukan beberapa alternatif praktik penggunaan lahan pada kondisi lahan berlereng.

1.4. Kerangka Pemikiran

Degradasi lahan mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas sifat fisik tanah. Kemunduran sifat-sifat fisik tanah tercermin antara lain menurunnya kapasitas infiltrasi dan kemampuan tanah menahan air, meningkatnya kepadatan

dan ketahanan penetrasi tanah dan berkurangnya kemantapan struktur tanah sehingga dapat menyebabkan terjadinya erosi (Arsyad, 2000). Berkaitan dengan hal tersebut, dua hal penting yang dapat mempengaruhi karakteristik sifat fisik tanah yang berkaitan dengan proses erosi adalah jenis penggunaan lahan dan kemiringan lereng.

Lereng mempengaruhi erosi dalam hubungannya dengan kecuraman dan panjang lereng. Lahan dengan kemiringan lereng yang curam (30-45%) memiliki pengaruh gaya berat (*gravity*) yang lebih besar dibandingkan lahan dengan kemiringan lereng agak curam (15-30%) dan landai (8-15%). Hal ini disebabkan gaya berat semakin besar sejalan dengan semakin miringnya permukaan tanah dari bidang horizontal. Gaya berat ini merupakan persyaratan mutlak terjadinya proses pengikisan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Wiradisastra, 1999).

Kondisi lereng yang semakin curam mengakibatkan pengaruh gaya berat dalam memindahkan bahan-bahan yang terlepas meninggalkan lereng semakin besar pula. Jika proses tersebut terjadi pada kemiringan lereng lebih dari 8%, maka aliran permukaan akan semakin meningkat dalam jumlah dan kecepatan seiring dengan semakin curamnya lereng. Berdasarkan hal tersebut, diduga penurunan sifat fisik tanah akan lebih besar terjadi pada lereng 30-45%. Hal ini disebabkan pada daerah yang berlereng curam (30-45%) terjadi erosi terus menerus sehingga tanah-tanahnya bersolum dangkal, kandungan bahan organik rendah, tingkat kepadatan tanah yang tinggi, serta porositas tanah yang rendah dibandingkan dengan tanah-tanah di daerah datar yang air tanahnya dalam.

Perbedaan lereng juga menyebabkan perbedaan banyaknya air tersedia bagi tumbuh-tumbuhan sehingga mempengaruhi pertumbuhan vegetasi di tempat tersebut (Hardjowigeno, 1993).

Vegetasi berperan penting dalam melindungi tanah dari erosi. Menurut Morgan (1979), keefektifan vegetasi dalam menekan aliran permukaan dan erosi dipengaruhi oleh tinggi tajuk, luas tajuk, kerapatan vegetasi dan kerapatan perakaran. Sedangkan menurut Arsyad (2000), faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besarnya aliran permukaan maupun erosi adalah kondisi fisik lingkungan yang meliputi iklim, bentuk DAS, topografi, dan pola penggunaan lahan.

Penggunaan lahan suatu DAS akan sangat menentukan kuantitas dan kualitas aliran permukaan. Semakin banyak terjadi alih fungsi lahan menjadi lahan pertanian dan semakin rusaknya vegetasi penutup tanah maka semakin besar kemungkinan meningkatnya aliran permukaan, yang berarti erosi juga meningkat. Meningkatnya erosi menyebabkan penurunan kualitas sifat fisik tanah yang dicirikan dengan terjadinya pemadatan tanah yang mengakibatkan porositas dan kadar air tanah menurun.

Secara alami, hutan (baik hutan heterogen maupun hutan homogen) merupakan suatu bentuk tutupan lahan yang paling efektif untuk mengurangi kemungkinan terjadinya erosi. Hal ini berkaitan erat dengan kemampuan meresapkan air ke dalam tanah. Proses menyerapnya air ke dalam tanah ditentukan sifat fisik tanah yang menyangkut kemampuannya untuk melalukan dan menyimpan air. Serasah, bahan organik tanah, sistem perakaran tumbuhan, serta fauna tanah amat berperan dalam memperbesar kapasitas imbuhan air ke

dalam tanah. Celah dan lubang-lubang yang disebabkan oleh akar tanaman dan aktivitas organisme tanah akan meningkatkan porositas tanah dan menurunkan tingkat kepadatan tanah.

Hutan pada puncak-puncak bukit dan punggung curam akan menjadi peredam fluktuasi aliran air antara musim hujan dan musim kemarau. Keberadaan hutan pada puncak-puncak gunung akan memaksimalkan fungsi hidrologis daerah tersebut sebagai penyimpan air. Akan tetapi, di daerah lereng yang lebih bawah, umumnya hutan telah beralih menjadi lahan pertanian (tegalan).

Tegalan merupakan areal pertanian lahan kering yang bergantung pada musim hujan, biasanya tanaman yang diusahakan adalah tanaman berumur pendek. Lahan tegalan cenderung dianggap sebagai faktor yang akan memperbesar aliran permukaan, erosi, dan sedimentasi. Apabila proporsi lahan tegalan lebih besar, maka luas lahan yang akan terbuka menjadi lebih luas, terutama pada waktu panen. Dengan demikian, jumlah lahan yang menerima pengaruh pukulan butir hujan langsung ke tanah menjadi lebih besar. Air hujan yang mengenai permukaan tanah secara langsung akan menyebabkan hancurnya agregat tanah. Hancuran agregat tanah ini akan menyebabkan partikel-partikel tanah yang halus menyumbat pori-pori tanah dan meningkatkan kepadatan tanah, sehingga laju infiltrasi menjadi menurun dan meningkatkan laju aliran air dipermukaan tanah. Air yang mengalir dipermukaan ini mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-partikel tanah yang telah hancur, selanjutnya jika tenaga dari aliran permukaan itu sudah tidak mampu lagi membawa partikel-partikel tanah maka akan terjadi pengendapan.

Salah satu DAS yang mengalami fenomena seperti terjadi di atas adalah sub-DAS Cikapundung. Sub-DAS Cikapundung merupakan salah satu sub-DAS yang membentuk wilayah hulu sungai Citarum. Hulu sub-DAS Cikapundung sendiri mempunyai luas 11.850 ha, dimana 7.080 ha sudah rusak karena alih fungsi lahan yang tidak memperhatikan kaidah konservasi. Penghitungan erosi dengan memasukkan faktor-faktor yang mempengaruhi erosi seperti lereng, vegetasi, pengolahan lahan, serta jenis tanah diperoleh besarnya total rata-rata laju erosi di Sub-DAS Cikapundung Hulu mencapai 27,567 ton/ha/tahun, dengan kontribusi erosi terbesar terjadi pada penggunaan lahan pemukiman (50,22%) dan lahan tegalan (20,95%) yang telah melampaui batas toleransi erosi yang diperbolehkan (>13 ton/ha/tahun) (Rasid, 2005).

1.5. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas maka dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

- 1). Bobot isi, porositas total, serta kadar air tanah dipengaruhi oleh jenis penggunaan lahan dan kemiringan lereng.
- 2). Lahan tegalan dan kemiringan lereng 30-45% memiliki nilai bobot isi tanah yang tinggi, serta porositas total dan kadar air tanah yang paling rendah dibandingkan dengan penggunaan lahan dan kemiringan lereng lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penggunaan Lahan

Lahan diartikan sebagai lingkungan fisik yang terdiri atas klim, tanah, relief, air, vegetasi, serta benda yang ada di atasnya yang berpengaruh terhadap penggunaannya. Konsep dan definisi lahan yang lainnya yaitu menurut FAO (1976) dalam Hardjowigeno (1993) adalah suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrolog, dan vegetasi dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaannya, termasuk di dalamnya akibat kegiatan-kegiatan manusia baik masa lalu maupun sekarang.

Penggunaan lahan (*land use*) merupakan setiap bentuk campur tangan manusia terhadap sumber daya lahan, baik yang sifatnya tetap (permanen) atau merupakan daur (*cyclic*) yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhannya, baik kebendaan maupun kejiwaan (spiritual) (Virk, 1975 dalam Sitorus, 1989). Sedangkan Arsyad (2000) mengartikan penggunaan lahan sebagai setiap bentuk campur tangan manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya. Penggunaan lahan merupakan hasil dari upaya manusia yang sifatnya terus menerus dalam memenuhi kebutuhannya terhadap sumberdaya lahan yang tersedia. Oleh karena itu, penggunaan lahan sifatnya dinamis mengikuti perkembangan kehidupan manusia dan budayanya (Sitorus, 1989).

Penggunaan lahan sangat mempengaruhi aliran permukaan, erosi, dan sedimentasi terutama dalam hal kemampuan penggunaan lahan memberi sanggaan (*buffer*) terhadap masukan (*input*) curah hujan sehingga tidak menimbulkan erosi

dan banjir akibat limpasan aliran permukaan. Kemampuan menyangga dari suatu jenis penggunaan lahan dipengaruhi oleh struktur tajuk tanaman, sistem perakaran tanaman, dan kerapatan tanaman (Yuzirwan, 1996).

Berikut ini merupakan penjelasan beberapa jenis penggunaan lahan berdasarkan pedoman survai yang digunakan oleh Direktorat Tata Guna Tanah Departemen Dalam Negeri (Sitorus 1989):

- 1). Hutan: Areal yang ditumbuhi berbagai jenis pepohonan besar dan kecil dengan tingkat pertumbuhan yang maksimum, dapat meliputi hutan heterogen yang merupakan hutan alam atau hutan homogen yang ditumbuhi pepohonan dengan didominasi oleh satu jenis saja.
- 2). Perkebunan: Areal yang ditanami jenis tanaman keras atau tanaman tahunan, baik untuk usaha perkebunan besar maupun perkebunan rakyat.
- 3). Kebun Campuran: Areal yang ditanami berbagai macam tanaman, jenis tanaman keras, atau kombinasi tanaman keras dan tanaman semusim yang tidak jelas jenis mana yang lebih dominan.
- 4). Tegalan: Areal pertanian lahan kering biasanya tanaman yang diusahakan adalah tanaman berumur pendek.
- 5). Sawah: Areal pertanian lahan basah yang secara periodik atau terus-menerus ditanami padi.
- 6). Areal Pertanian Tanaman Kering Semusim: Areal pertanian yang tidak pernah diairi dan hanya ditanami dengan jenis tanaman berumur pendek, meliputi tegalan, ladang, dan kebun sayur.
- 7). Danau: Areal penggenangan permanen yang dalam dan terjadi secara alami.

- 8). Rawa: Areal dengan penggenangan permanen yang dangkal tetapi belum cukup dangkal untuk dapat ditumbuhi tumbuhan besar, sehingga pada umumnya ditumbuhi rerumputan rawa.
- 9). Perkampungan atau Pemukiman: Bagian dari permukaan bumi yang dihuni oleh manusia, meliputi segala (sarana dan prasarana) yang menunjang kehidupan penduduk.

Penggunaan lahan merupakan salah satu parameter tingkat pemanfaatan lahan yang ada di suatu wilayah. Deskripsi jenis penggunaan lahan yang diamati di daerah penelitian diuraikan sebagai berikut:

- 1). Hutan Heterogen

Hutan heterogen merupakan suatu kumpulan bermacam jenis tumbuhan-tumbuhan yang didominasi oleh vegetasi pohon-pohonan dengan keadaan yang cukup rapat. Keberadaan hutan dalam suatu DAS merupakan yang terpenting dibandingkan dengan penggunaan lahan yang lain. Menurut Saidi (1995), apabila DAS mempunyai proporsi lahan hutan yang lebih besar, maka luas penutupan tanah akan lebih besar sehingga butir-butir hujan lebih banyak diintersepsi oleh tajuk dan lebih kecil permukaan lahan yang menerima butiran hujan yang jatuh langsung ke tanah. Selain itu, serasah dari tanaman hutan menyumbang bahan organik untuk tanah, sehingga semakin luas lahan hutan akan semakin banyak pula masukan bahan organik dari hutan tersebut. Dengan demikian, butir hujan yang masuk melalui infiltrasi ke dalam tanah akan lebih besar dan aliran permukaan berkurang, sehingga mengakibatkan erosi dan sedimentasi menjadi semakin berkurang.

2). Hutan Pinus (*Pinus Merkusii*)

Hutan pinus merupakan hutan homogen dimana terjadi suatu dominasi tanaman pinus yang merupakan tanaman tahunan paling banyak di wilayah tersebut. Kehomogenan tanaman tersebut memungkinkan terbentuknya stratifikasi tajuk tanaman yang merata di semua tempat yang menyebabkan sebagian besar air hujan yang jatuh tidak langsung ke permukaan tanah sehingga tanah terlindungi dari pukulan air. Hutan pinus selain memiliki tajuk tanaman yang berlapis, juga memiliki sistem perakaran yang baik.

3). Tegalan

Tegalan merupakan salah satu bentuk pertanian secara menetap di daerah tropika. Tanaman yang diusahakan biasanya adalah tanaman semusim seperti umbi-umbian, biji-bijian, kacang-kacangan, sayur-sayuran, palawija, dan tanaman berumur pendek lainnya. Pada musim kering areal ini biasanya bersih tanpa tanaman (Arsyad, 2000). Lahan tersebut biasanya terdapat pada dataran rendah sampai pegunungan.

2.2. Topografi

Topografi adalah perbedaan tinggi atau bentuk wilayah suatu daerah, termasuk di dalamnya adalah perbedaan kemiringan lereng, panjang lereng, bentuk lereng, dan posisi lereng. Topografi merupakan salah satu faktor pembentuk tanah. Topografi dalam proses pembentukan tanah mempengaruhi: (1) jumlah air hujan yang meresap atau ditahan oleh massa tanah; (2) dalamnya air tanah; (3) besarnya erosi; (4) arah gerakan air berikut bahan terlarut di dalamnya dari satu tempat ke tempat lain (Hardjowigeno, 1993).

Hubungan antara lereng dengan sifat-sifat tanah tidak selalu sama disemua tempat, hal ini disebabkan karena faktor-faktor pembentuk tanah yang berbeda di setiap tempat. Keadaan topografi dipengaruhi oleh iklim terutama oleh curah hujan dan temperatur (Salim, 1998).

Daerah yang memiliki curah hujan tinggi, menyebabkan pergerakan air pada suatu lereng menjadi tinggi pula sehingga dapat menghanyutkan partikel-partikel tanah. Proses penghancuran dan transportasi oleh air akan mengangkut berbagai partikel-partikel tanah, bahan organik, unsur hara, dan bahan tanah lainnya. Keadaan tersebut disebabkan oleh energi tumbuk butir-butir hujan, intensitas hujan, dan penggerusan oleh aliran air pada permukaan tanah yang memberikan pengaruh dalam proses pembentukan dan perkembangan tanah.

1). Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng menunjukkan besarnya sudut lereng dalam persen atau derajat. Dua titik yang berjarak horizontal 100 meter yang mempunyai selisih tinggi 10 meter membentuk lereng 10 persen. Kecuraman lereng 100 persen sama dengan kecuraman 45 derajat. Selain dari memperbesar jumlah aliran permukaan, semakin curamnya lereng juga memperbesar energi angkut air. Jika kemiringan lereng semakin besar, maka jumlah butir-butir tanah yang terpercik ke bawah oleh tumbukan butir hujan akan semakin banyak. Hal ini disebabkan gaya berat yang semakin besar sejalan dengan semakin miringnya permukaan tanah dari bidang horizontal, sehingga lapisan tanah atas yang tererosi akan semakin banyak. Jika lereng permukaan tanah menjadi dua kali lebih curam, maka banyaknya erosi per satuan luas menjadi 2,0-2,5 kali lebih banyak (Arsyad, 2000).

Tabel 1. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng (%)	Kelas Lereng	Bentuk Relief
0 – 3	A	Datar
3 – 8	B	Agak Landai
8 – 15	C	Landai
15 – 30	D	Agak Curam
30 – 45	E	Curam
45 – 60	F	Sangat Curam
60 – 100	G	Terjal

Sumber : Puslitanak (2003)

2). Panjang Lereng

Panjang lereng dihitung mulai dari titik pangkal aliran permukaan sampai suatu titik di mana air masuk ke dalam saluran sungai, atau di mana kemiringan lereng berkurang sedemikian rupa sehingga kecepatan aliran air berubah. Air yang mengalir di permukaan tanah akan terkumpul di ujung lereng. Dengan demikian berarti lebih banyak air yang mengalir dan makin besar kecepatannya di bagian bawah lereng dari pada di bagian atas (Arsyad, 2000).

3). Bentuk Lereng

Bentuk lereng merupakan wujud visual lereng pada suatu sekuen lereng. Lereng biasanya terdiri dari bagian puncak (*crest*), cembung (*convex*), cekung (*concave*), dan kaki lereng (*lower slope*). Daerah puncak (*crest*) merupakan daerah gerusan erosi yang paling tinggi dibandingkan dengan daerah dibawahnya, demikian pula lereng tengah yang kadang cembung atau cekung mendapat gerusan aliran permukaan relatif lebih besar dari puncaknya sendiri, sedangkan kaki lereng merupakan daerah endapan (Salim, 1998).

4). Posisi Lereng

Posisi lereng terdiri dari puncak lereng, lereng atas, lereng tengah, lereng bawah, dan kaki lereng. Pergerakan air secara vertikal akan melarutkan bahan-bahan tanah dan mengakibatkan bahan-bahan tanah menurun serta terakumulasi di lereng bawah. Posisi lereng turut mempengaruhi besar aliran permukaan. Air yang mengalir di permukaan tanah akan terkumpul di bagian bawah lereng, dengan demikian berarti lebih banyak air yang mengalir dan makin besar kecepatannya di bagian bawah lereng.

Tanah yang hancur oleh tumbukan air hujan, kemudian akan diangkut oleh aliran permukaan, sehingga pada lereng bawah terjadi input (deposisi) bahan-bahan tanah yang berasal dari lereng atas, penghancuran tanah, dan pengangkutan. Di lain pihak, terjadi output (erosi) di lereng atas akibat pengangkutan.

Deposisi pada lahan berlereng umumnya terjadi di lereng tengah dan lereng bawah. Deposisi terjadi bila daya angkut air lebih kecil daripada total tanah yang dihancurkan. Hasil deposisi akan dihanyutkan kembali jika daya angkut meningkat, ini artinya deposisi yang terjadi pada lahan berlereng merupakan deposisi sementara.

2.3. Bobot Isi Tanah

Bobot isi atau *Bulk density* menunjukkan perbandingan antara berat tanah kering dengan volume tanah termasuk volume pori-pori tanah (Hardjowigeno, 2003). Bobot isi merupakan petunjuk kepadatan tanah, semakin padat suatu tanah semakin tinggi pula nilai bobot isinya, yang berarti makin sulit meneruskan air atau ditembus akar tanaman. Pemadatan tanah dapat menurunkan laju infiltrasi,

sehingga sulit merembeskan air ke dalam tanah yang akan menyebabkan meningkatnya aliran permukaan sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya erosi. Pada umumnya bobot isi berkisar dari 1,1-1,6 g cm⁻³, namun beberapa jenis tanah mempunyai nilai bobot isi kurang dari 0,90 g cm⁻³, salah satunya adalah tanah Andisol (Hardjowigeno, 2003).

Nilai bobot isi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: pengolahan tanah, bahan organik, tekstur, struktur, pemadatan oleh alat-alat pertanian, dan kandungan air tanah. Nilai bobot isi penting dipergunakan untuk perhitungan-perhitungan kebutuhan air irigasi, pemupukan, pengolahan tanah, dan lain-lain (Sarief, 1989).

2.4. Porositas Total Tanah

Bagian volume tanah yang tidak terisi oleh bahan padat baik bahan mineral maupun bahan organik disebut ruang pori tanah. Ruang pori total terdiri atas ruang diantara partikel pasir, debu, dan liat serta ruang diantara agregat agregat tanah. Tanah bertekstur halus akan mempunyai persentase ruang pori total lebih tinggi daripada tanah bertekstur kasar, walaupun ukuran pori dari tanah bertekstur halus kebanyakan sangat kecil (Sarief, 1993).

Terdapat bermacam-macam ukuran pori-pori tanah yang fungsinya bagi pertumbuhan tanaman dapat berbeda-beda. Bermacam-macam pori tanah itu dapat dibagi menjadi pori tak berguna dan pori yang berguna bagi tanaman tersebut, yang dimaksud dengan pori tak berguna adalah pori yang mengandung air sedemikian rupa sehingga akar tanaman tidak dapat menghisapnya, pada keadaan ini tanaman akan layu, sedangkan pori-pori berukuran lebih dari 0,2 mikron

adalah pori yang berguna, terdiri dari pori yang diisi oleh air yang tersedia dan oleh udara tanah atau dalam keadaan jenuh seluruhnya diisi air termasuk air drainase untuk pembuangan.

Struktur tanah dapat dikatakan baik apabila di dalamnya terdapat distribusi ruang pori-pori di dalam dan diantara agregat yang dapat diisi air dan udara dan sekaligus mantap keadaannya. Dengan demikian tidak mudah atau tahan erosi sehingga pori-pori tanah tidak gampang tertutup oleh partikel-partikel tanah halus yang mengakibatkan infiltrasi tertahan dan run off menjadi besar (Sarief, 1989).

2.5. Kadar Air Tanah

Air tanah merupakan fase cair tanah yang mengisi sebagian atau keseluruhan ruang pori tanah. Air tanah berperan penting dari segi pedogenesis maupun dalam hubungannya dengan pertumbuhan tanaman (*Edapologi*). Pertukaran kation, dekomposisi bahan organik, pelarutan unsur hara, evapotranspirasi, dan kegiatan jasad-jasad mikro hanya dapat berlangsung dengan baik bila tersedia air dan udara yang cukup. Persediaan air dalam tanah tergantung dari banyaknya curah hujan atau air irigasi, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotranspirasi, dan tingginya muka air tanah. Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena gaya-gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi.

Kadar air tanah dapat dinyatakan sebagai perbandingan berat air tanah terhadap berat tanah basah, perbandingan berat air tanah terhadap berat tanah kering, dan perbandingan volume air tanah terhadap volume tanah (Sarief, 1993). Tanah basah adalah tanah yang mempunyai kandungan air diatas kapasitas lapang dimana kandungan air tanah dalam kondisi pori makro tanah terisi oleh udara

sedangkan pori mikro diisi seluruhnya atau sebagian oleh air. Tanah kering adalah tanah yang mempunyai kandungan air kurang dari titik layu permanen dimana kandungan air yang tertinggal di dalam tanah berada dalam pori mikro yang terkecil dan di sekitar butir-butir tanah, sedangkan tanah lembab adalah tanah yang mempunyai kandungan air diantara kapasitas lapang dan titik layu permanen dimana pada keadaan ini, air akan tersedia bagi tanaman (Sarief, 1989).

2.6. Erosi

Erosi merupakan proses atau peristiwa penghanyutan tanah oleh kekuatan air atau angin, baik yang berlangsung secara alamiah maupun sebagai akibat dari tindakan atau perbuatan manusia (Kartasapoetra, 2000). Proses ini dapat menyebabkan merosotnya produktivitas dan daya dukung tanah untuk produksi pertanian serta menurunnya kualitas lingkungan hidup (Sarief, 1986).

Proses erosi terjadi melalui penghancuran, pengangkutan, dan pengendapan. Air hujan yang mengenai permukaan tanah secara langsung akan menyebabkan hancurnya agregat tanah, hancuran dari agregat tanah ini akan menyumbat pori-pori tanah, sehingga laju infiltrasi menjadi menurun dan bertambahnya laju aliran air dipermukaan tanah. Air yang mengalir dipermukaan ini mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-partikel tanah yang telah hancur, selanjutnya jika tenaga dari aliran permukaan itu sudah tidak mampu lagi membawa partikel-partikel tanah maka akan terjadi pengendapan. Dalam peristiwa erosi, fraksi halus tanah akan terangkut lebih dahulu dan lebih banyak dari fraksi kasar, sehingga kandungan liat sedimen lebih tinggi dari kandungan liat tanah semula.

Pada dasarnya erosi dipengaruhi oleh tiga faktor utama yang meliputi :

- 1). Energi: hujan, air limpasan, angin, kemiringan, dan panjang lereng.
- 2). Ketahanan: erodibilitas tanah (ditentukan oleh sifat fisik dan kimia tanah).
- 3). Proteksi: penutupan tanah baik oleh vegetasi atau lainnya serta ada atau tidaknya tindakan konservasi.

Kemampuan hujan untuk menimbulkan atau menyebabkan erosi disebut daya erosi hujan atau erosivitas hujan (Arsyad, 2000), sedangkan kepekaan tanah terhadap erosi yang menunjukkan mudah atau tidaknya tanah mengalami erosi disebut erodibilitas tanah (Morgan, 1979). Kepekaan tanah terhadap erosi berbeda-beda dan ditentukan oleh sifat fisika dan kimia tanah. Menurut Arsyad (2000), pengaruh sifat-sifat tanah terhadap erosi dapat dibagi menjadi (1) sifat-sifat yang menentukan laju air memasuki tanah, dan (2) sifat-sifat tanah yang menahan dispersi dan pelepasan partikel-partikel tanah selama hujan dan aliran permukaan berlangsung.

Pada umumnya dikenal tiga tipe erosi tanah akibat air hujan: erosi permukaan (*sheet erosion*), erosi alur (*rill erosion*) dan erosi parit (*gully erosion*). Tipe erosi permukaan, tanah terkikis dan terangkut merata di permukaan tanah sehingga kadang-kadang gejala erosi tidak nampak jelas, kecuali dalam waktu lama. Pada tipe erosi alur biasanya sudah terdapat parit-parit kecil atau alur secara tidak teratur searah lereng. Tipe erosi parit akan terjadi apabila terdapat akumulasi air di salah satu tempat tertentu yang mengalir cukup cepat sehingga menimbulkan parit-parit yang semakin bertambah dalam dan lebar meskipun jumlahnya tidak terlalu banyak (Sarief, 1993).

Adapun tahapan erosi meliputi:

- 1). Benturan butir-butir air hujan dengan tanah,
- 2). percikan tanah oleh butir hujan ke semua arah,
- 3). penghancuran bongkah tanah oleh butiran hujan,
- 4). pemadatan tanah,
- 5). penggenangan air di permukaan,
- 6). pelimpasan air karena adanya penggenangan dan kemiringan lereng, dan
- 7). pengangkutan partikel terpercik dan/atau massa tanah yang terdispersi oleh air limpasan.

Dari tahapan-tahapan erosi di atas terlihat bahwa erosi terjadi dimulai dengan terperciknyanya partikel tanah ke semua arah. Bila hujan telah menggenangi suatu tanah erosi percikan di tempat itu akan berkurang karena kedalaman kritis untuk terjadinya erosi percikan adalah 3 mm. Apabila kedalaman genangan air telah melebihi angka tersebut maka percikan menjadi minimal. Hanya saja bila telah terjadi limpasan, erosi akan didominasi oleh proses pengangkutan dan dispersi oleh limpasan permukaan. Laju erosi oleh air limpasan inilah yang paling tinggi sumbangannya dengan sedimentasi di sungai-sungai, danau-danau, waduk-waduk, dan laut.

Vegetasi berperan penting dalam melindungi tanah dari erosi. Menurut Morgan (1979), keefektifan vegetasi dalam menekan aliran permukaan dan erosi dipengaruhi oleh tinggi tajuk, luas tajuk, kerapatan vegetasi dan kerapatan perakaran. Pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi dibagi menjadi lima bagian, yaitu; (1) intersepsi hujan oleh tajuk tanaman, (2) mengurangi

kecepatan aliran permukaan dan kekuatan perusak air, (3) pengaruh akar, (4) kegiatan-kegiatan biologi yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif dan pengaruhnya terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah, (5) transpirasi yang mengakibatkan kandungan air tanah berkurang (Arsyad, 2000). Pengaruh vegetasi tersebut berbeda-beda bergantung pada jenis tanaman, perakaran, tinggi tanaman, tajuk, tingkat pertumbuhan, dan musim. Adanya vegetasi penutup tanah yang baik, seperti rumput yang tebal dan hutan yang lebat dapat menghilangkan pengaruh topografi terhadap erosi. Tanaman yang menutup permukaan tanah secara rapat tidak saja memperlambat limpasan, tetapi juga menghambat pengangkutan partikel tanah.

Peranan manusia dalam mencegah erosi juga sangat penting, sebab manusia menentukan apakah tanah yang diusahakan akan mengalami degradasi atau justru dapat dipertahankan produktivitasnya. Pengelolaan tanah yang salah terutama pada lahan-lahan dengan kemiringan lereng yang curam dapat menyebabkan intensitas erosi semakin meningkat. Oleh karena itu, faktor kegiatan manusia memegang peranan penting terutama dalam usaha-usaha pencegahan erosi. Manusia dapat mencegah faktor-faktor penyebab erosi, kecuali iklim. Memang sangat sulit menghilangkan erosi pada tanah-tanah yang diusahakan untuk pertanian, namun dengan pengelolaan tanah yang tepat laju erosi dapat ditekan, sehingga erosi yang terjadi tidak menyebabkan penurunan produktivitas tanah.

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan April 2007 sampai Mei 2007 di sub sub-DAS Cigulung-Maribaya, sub-DAS Cikapundung Hulu. Secara geografis terletak antara 107°36'47" BT - 6°45'46" LS dan 107°40'59" BT - 6°49'55" LS dengan luas 3.498,344 ha, dan secara administratif terletak di Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat.

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

- 1). Peta Tanah skala 1 : 50.000 (Puslitanak, 2001).
- 2). Peta Kemiringan Lereng skala 1 : 50.000 (Peta RBI, 2001).
- 3). Peta Penggunaan Lahan skala 1 : 50.000 (Peta RBI, 2001).
- 4). Data Curah Hujan (BMG, 1996-2005).
- 5). GPS (*Global Positioning System*); untuk mengetahui posisi atau koordinat.
- 6). Ring Sampel; untuk pengambilan sampel tanah.
- 7). Clinometer; untuk menentukan kemiringan lereng.
- 8). Cangkul; untuk pembuatan minipit.
- 9). Pisau; untuk membantu pengambilan contoh tanah.
- 10). Label; untuk memberi nama sampel.
- 11). Alat-alat tulis.
- 12). Seperangkat PC.
- 13). Perangkat lunak (*Software*) MapInfo Professional 8.0., ArcView GIS 3.3., dan SPSS 13.0.

3.3. Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survai bebas atau metode satuan lahan dengan pengamatan berdasarkan satuan lahan yang telah dibuat dan dicek kebenarannya. Teknik sampling berdasarkan metode *stratified purposive sampling*. Dasar metode ini menurut Ida Bagus Mantra dan Kasto (1982) dalam Sumartoyo, (1989) disebutkan bahwa *purposive sampling* merupakan metode pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu, yaitu kompleksnya lahan, luasnya areal pada setiap satuan lahan, waktu, dan kemudahan pencapaian lokasi, sedangkan *stratified sampling* merupakan metode pembagian populasi sampel dan strata yang seragam.

3.3.1. Rancangan Perlakuan

Perlakuan dalam percobaan ini menggunakan dua variabel bebas, yang masing-masing terdiri dari:

Faktor pertama; penggunaan lahan

- 1). Hutan Campuran
- 2). Hutan Pinus
- 3). Tegalan

Faktor kedua: kelas kemiringan lereng

- 1). 8-15%
- 2). 15-30%
- 3). 30-45%

Dari dua faktor tersebut kemudian disusun tabel satu arah untuk menguji secara statistik data-data parameter utama.

3.3.2. Rancangan Respon

Variabel yang diamati pada percobaan ini terdiri dari keadaan umum daerah penelitian yang tidak diuji secara statistik dan pengamatan utama yang diuji secara statistik.

Pengamatan keadaan umum daerah penelitian terdiri dari:

- 1). Penggunaan Lahan
- 2). Kemiringan Lereng
- 3). Tanah

Pengamatan keadaan umum daerah penelitian dilakukan dengan cara mengamati parameter-parameter yang menjadi objek penelitian pada setiap sampling units. Pengamatan dilakukan pada 27 titik sampel pengamatan $\{3(\text{penggunaan lahan}) \times 3(\text{kemiringan}) \times 3(\text{ulangan})\}$ yang telah ditentukan sebelumnya berdasarkan pada metode *stratified purposive sampling* dengan pertimbangan tertentu, yaitu: kompleksnya lahan, luasnya areal pada setiap satuan lahan, waktu, kemudahan pencapaian lokasi, dan strata yang seragam. Penetapan lokasi titik sampel pengamatan dalam suatu satuan lahan penelitian terpilih dilakukan secara acak (*random*) dengan melihat pada satuan lahan yang mewakili pada peta overlay, sedangkan untuk mencapai titik-titik pengamatan yang sudah dipilih dipandu dengan bantuan GPS.

Analisis penggunaan lahan dilaksanakan dengan cara melihat jenis dan bentuk (struktur) umum penggunaan lahan. Setelah dilakukan pengamatan secara visual kemudian dibandingkan dengan deskripsi definisi penggunaan lahan yang dijadikan pegangan oleh peneliti, sedangkan untuk pengamatan kemiringan lereng

dilakukan dengan menggunakan alat clinometer. Satuan kemiringan lereng yang digunakan adalah persen. Jumlah pengamatan lereng adalah 27 titik pengamatan. Terdiri dari: 1) 9 pengamatan lereng 8-15%; 2) 9 pengamatan lereng 15-30%; dan 3) 9 pengamatan lereng 30-45%.

Penjelajahan tiap titik pengamatan dilakukan dengan pembuatan minipit sedalam 50-60 cm dan dilanjutkan dengan pengambilan contoh tanah pada setiap minipit dengan menggunakan ring sample untuk keperluan analisa fisika tanah di laboratorium. Sebelum dilakukan pengambilan sampel, permukaan tanah dibersihkan terlebih dahulu dari rumput-rumputan, batu, kerikil, dan sisa-sisa tanaman atau bahan organik segar/serasah. (Gambaran secara garis besar prinsip kerja dari pengambilan contoh tanah dengan menggunakan ring sampel disajikan pada lampiran 1).

Pengamatan utama terdiri dari:

1). Bobot Isi Tanah

Pengukuran bobot isi tanah dilakukan di laboratorium dengan cara menggunakan *Core Method*. Prosedur pengukuran total bobot isi tanah dapat dilihat pada Lampiran 2. Jumlah total pengamatan bobot isi tanah yang dilaksanakan adalah 27 {3(penggunaan lahan) x 3(kemiringan) x 3(ulangan)} titik sampel pengamatan. Pengambilan sampel untuk bobot isi tanah dilakukan pada posisi lereng bagian tengah.

2). Porositas Total Tanah

Pengukuran porositas total tanah dilakukan di laboratorium, yaitu dengan cara menentukan bobot isi tanah (*bulk density*) dengan cara menimbang

keseluruhan (tanah + ring + tutup) dengan timbangan duduk, kemudian dikurangi oleh berat ring dan tutup sehingga selanjutnya akan diperoleh berat tanah kering udara. Dengan mengetahui kadar air tanah (% berat) maka dapat dihitung berat tanah kering mutlak. Kepadatan partikel (*particle density*) dipakai angka 2,65 (nilai *real density*). Jumlah pengamatan porositas total tanah yang dilaksanakan adalah 27 titik sampel. Pengambilan sampel untuk porositas total tanah dilakukan pada posisi lereng bagian tengah. Prosedur pengukuran porositas total tanah dapat dilihat pada Lampiran 3.

3). Kadar Air Tanah

Prosedur pengukuran kadar air tanah dapat dilihat pada Lampiran 4. Jumlah total pengamatan kadar air tanah yang dilaksanakan adalah 27 {3(penggunaan lahan) x 3(kemiringan) x 3(ulangan)} titik sampel pengamatan. Pengambilan sampel untuk kadar air tanah dilakukan pada posisi lereng bagian tengah.

3.3.3. Rancangan Analisis

Prosedur analisis dan pengujian statistika adalah sebagai berikut:

- a. Uji kenormalan frekuensi penyebaran data dengan menggunakan Uji Shapiro-Wilk. Menurut Kolmogorov-Smirnov, prosedur Uji Shapiro-Wilk adalah sebagai berikut:
 - Buat suatu tabel sampel hasil pengamatan dengan nomor urut (i) berjumlah setengahnya dari total sampel.
 - Urutan i dari yang kecil ke yang terbesar memiliki nilai a_i dan $X^{(n-i+1)} - X^{(i)}$ (a_i diperoleh dari tabel Shapiro-Wilk). X merupakan sampel dan n merupakan total sampel.

- Hitung denominator D dengan menggunakan uji statistik. Dimana \bar{X} merupakan rata rata sampel dan X_i merupakan urutan sampel dari yang terkecil sampai yang terbesar.

$$D = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

- Lalu hitung uji statistik T_3 . Uji ini diperoleh dari:

$$T_3 = \frac{1}{D} \left[\sum_{i=1}^k a_i (X^{(n-i+1)} - X^{(i)}) \right]^2$$

- Jika nilai T_3 mendekati 1 berarti sampel memiliki penyebaran data normal; sedangkan jika nilai T_3 terlalu kecil atau jauh dari nilai 1 berarti sampel memiliki penyebaran data tidak normal.

b. Apabila didapatkan penyebaran data yang normal, pengujian statistika dilanjutkan dengan teknik parametrik menggunakan Sidik Ragam Parametrik Satu Arah (*Parametric One Way Analyses of Variance*) untuk menguji apakah perbedaan keragaman hasil disebabkan oleh perbedaan jenis penggunaan lahan, perbedaan kelas kemiringan lereng, atau perbedaan keduanya.

Perhitungan analisis sidik ragam untuk uji ini diringkaskan dalam Tabel 2. Pengujian dilakukan pada taraf $\alpha = 0,05$. Kaidah keputusan hasil uji F adalah sebagai berikut:

- Hipotesis nol (H'_0) ditolak pada taraf nyata α bila $f_1 > f_{\alpha} [r - 1, rc (n - 1)]$, berarti ada beda rata-rata hasil pada ketiga kemiringan lereng.
- Hipotesis nol (H''_0) ditolak pada taraf nyata α bila $f_2 > f_{\alpha} [c - 1, rc (n - 1)]$, berarti ada beda rata-rata hasil pada ketiga penggunaan lahan.

Tabel 2. Analisis Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	f Hitung
Kelas Lereng	JKB	$r - 1$	S_1^2	f_1
Jenis Penggunaan Lahan	JKK	$c - 1$	S_2^2	f_2
Galat	JKG	$rc (n - 1)$	S_3^2	
Total	JKT	$Rcn - 1$		

Sumber: Gasperz (1995)

Apabila diperoleh data bahwa variabel bebas berpengaruh terhadap variabel respon maka dilakukan uji lanjutan. Uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) untuk variabel bebas yang menunjukkan pengaruh yang nyata dalam sidik ragam sehingga dapat diidentifikasi perbedaan yang nyata antar perlakuan. Uji ini dilakukan pada taraf $\alpha = 0,05$ dan $P = 0,05$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keadaan Umum Daerah Penelitian

Daerah penelitian meliputi area sub sub-DAS Cigulung-Maribaya, sub-DAS Cikapundung Hulu. Secara administratif berada di Kecamatan Lembang Kabupaten Bandung Barat. Secara geografis terletak antara 107°36'47" BT - 6°45'46" LS dan 107°40'59" BT - 6°49'55" LS, berada pada ketinggian 1000-1700 m dpl dengan luas 3498.344 ha. Sungai yang mengalir di area sub sub-DAS Cigulung-Maribaya meliputi sungai Cikidang, Cibogo, Ciputri, dan Cikawari.

Curah hujan rata-rata dalam 10 tahun terakhir 1869.27 mm/tahun, dengan curah hujan terendah 1376.9 mm/tahun dan tertinggi 2610.1 mm/tahun. Musim hujan berlangsung dari bulan November (236,7 mm/tahun) sampai dengan April (197,05 mm/tahun) dan musim kemarau dari bulan Juni (57,08 mm/tahun) sampai dengan September (39,35 mm/tahun) dengan tingkat kelembaban udara berkisar antara 83% sampai dengan 88%. Dengan demikian tipe curah hujan di daerah penelitian menurut sistem klasifikasi Schmidt dan Ferguson termasuk tipe curah hujan C yang mempunyai sifat agak basah dengan nilai Q (jumlah rata-rata bulan kering/jumlah rata-rata bulan basah) 51,35% (lampiran 5). Jenis vegetasi yang umumnya sesuai di wilayah dengan tipe curah hujan C adalah jenis tanaman hutan yang mampu menggugurkan daunnya di musim kemarau.

Pemanfaatan lahan di sub sub-DAS Cigulung-Maribaya pada umumnya digunakan untuk pertanian dan pemukiman penduduk yang tersebar disekitar sungai Cigulung-Maribaya, mulai dari bagian hulu hingga hilir sungai. Hal ini

dikarenakan kebutuhan lahan, lapangan kerja, dan pemukiman bagi masyarakat yang ada disekitarnya terus meningkat, akibatnya banyak lahan hutan yang beralih fungsi mejadi lahan pertanian, tempat rekreasi, dan pemukiman. Pemanfaatan lahan tersebut menyebabkan terganggunya proses interaksi ekosistem dalam DAS, sehingga menurunkan tingkat kualitas lahan pada sub sub-DAS Cigulung-Maribaya, sub-DAS Cikapundung Hulu. Hasil penelitian Rasid (2005) menunjukkan bahwa total rata-rata laju erosi di sub-DAS Cikapundung Hulu mencapai 27,567 ton/ha/tahun, dengan kontribusi erosi terbesar terjadi pada penggunaan lahan pemukiman (50,22%) dan lahan tegalan (20,95%) yang telah melampaui batas toleransi erosi yang diperbolehkan (>13 ton/ha/tahun).

4.1.1. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan merupakan salah satu parameter tingkat pemanfaatan lahan yang ada di suatu wilayah. Penggunaan lahan yang diamati di daerah penelitian yaitu lahan hutan, hutan pinus, dan tegalan. Deskripsi jenis penggunaan lahan yang diteliti diuraikan sebagai berikut:

1). Hutan

Areal hutan pada daerah penelitian ditumbuhi berbagai jenis pepohonan besar dan kecil, diantaranya Puspa (*Schima walicii*), Gelam (*Euginia macronyctis*), Taritih (*Quercs lincata*), Huru Koneng (*Litsea angulata*), Kiara (*Ficus sp.*), Saninten (*Castanopsis argantea*), Kuray (*Trema ampinensi*), dan Rasamala (*Altingia exelsa*). Sebagian areal hutan yang ada digunakan pemerintah setempat sebagai daerah pariwisata walaupun masih ada bagian hutan lainnya yang masih merupakan hutan yang alami. Luas lahan hutan yang diteliti yaitu 374,167 ha.

Pola penyebaran hutan terfokus pada satu tempat yaitu di sebelah utara daerah penelitian atau lebih tepatnya di daerah Cikole Lembang. Penggunaan lahan hutan sebagian besar berada pada kemiringan lereng 15-45%. Penggunaan lahan hutan jarang dijumpai dengan makin datarnya lereng. Hal ini disebabkan makin meluasnya konversi dari penggunaan lahan hutan menjadi lahan tegalan. Makin meluasnya lahan tegalan untuk tanaman semusim disebabkan oleh desakan akan kebutuhan hidup masyarakat sekitar.

2). Hutan pinus (*Pinus merkusii*)

Hutan pinus merupakan hutan homogen yang didominasi oleh satu jenis pepohonan saja. Di bawah tegakan tanaman pinus terdapat vegetasi rumput-rumputan sebagai tumbuhan penutup tanah (*cover crop*).

Pohon pinus termasuk tanaman yang mampu hidup bertahun-tahun (*perennial*). Menurut Hairiah dkk. (2003), tanaman tahunan memberikan pengaruh positif terhadap kesuburan tanah, antara lain melalui: (1) peningkatan masukan bahan organik; (2) mengurangi kehilangan bahan organik tanah dan hara melalui perannya dalam mengurangi erosi, limpasan permukaan dan pencucian; (3) perbaikan kehidupan biota; (4) memperbaiki sifat fisik tanah seperti perbaikan struktur tanah, dan kemampuan menyimpan air. Luas lahan hutan pinus yang diteliti yaitu 943,733 ha.

3). Tegalan

Tegalan merupakan areal pertanian lahan kering, biasanya tanaman yang diusahakan adalah tanaman berumur pendek. Tegalan di daerah penelitian dikelola oleh masyarakat setempat, yang menanam lahannya dengan tanaman

sayur-sayuran, kacang-kacangan, umbi-umbian, dan palawija, diantaranya kentang (*Solanum tuberosum*), ketimun (*Cucumis sativus*), kubis/kol (*Brassica oleraceae*), tomat (*Lycopersicon esculentum*), buncis (*Phaseolus vulgaris L.*), cabe (*Capsicum sp.*), bawang merah (*Allium cepa*), ubi jalar (*Ipomoea batatas*), kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*), ubi kayu (*Manihot esculenta*), dan jagung (*Zea mays*). Luas lahan tegalan yang diteliti yaitu 1669,758 ha. Penerapan pola tanam yang umumnya digunakan oleh masyarakat sekitar di daerah penelitian tersaji pada tabel 3.

Tabel 3. Penerapan Pola Tanam Secara Umum Tahun 2006

Lahan	Komoditi	Bulan												%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A	Sayur-Sayur-Sayur	Sayur			Sayur			Sayur						30%
B	Sayur-Palawija-Sayur	Sayur			Palawija			Sayur						50%
C	Sayur-Bera-Sayur	Sayur			Bera			Sayur						20%

Sumber : Dinas Pertanian Kabupaten Bandung (2007).

4.1.2. Lereng

Topografi di sub-DAS Cikapundung Hulu bervariasi dari mulai datar sampai dengan bergunung. Kondisi fisik wilayah sub-DAS Cikapundung Hulu di sebelah utara dan sebelah timur merupakan dataran tinggi yang berbukit-bukit, sedangkan sebelah barat dan sebelah selatan pada umumnya berbukit dan datar. Selain dari bentuk wilayah, kecuraman lereng di sub-DAS Cikapundung Hulu juga bervariasi, semua tingkat kemiringan lereng dapat ditemukan di daerah penelitian. Akan tetapi, kemiringan lereng curam (30-45%) lebih dominan dibandingkan dengan kemiringan lereng lainnya.

4.1.3. Tanah

Tanah di daerah penelitian sebagian besar berkembang di atas endapan vulkanik atau hasil rombakannya. Endapan vulkanik muda yang membentuk permukaan tanah di sekitar pusat erupsi biasanya berupa butiran-butiran berukuran besar, umumnya didominasi oleh fraksi pasir yang secara mineralogi bersifat amorf, berupa gelas vulkanik dengan berat jenis rendah karena berongga.

Pada proses pembentukan tanah selanjutnya, gelas vulkanik ini membentuk kompleks dengan bahan organik membentuk suatu material tanah yang dicirikan oleh warna hitam atau gelap dengan sifat fisik yang mantap, yang dikenal sebagai sifat andik. Tanah yang memiliki sifat tipikal andik (Andisol) umumnya memiliki tubuh tanah yang tebal, kesarangan yang tinggi, dan seringkali memiliki pelapisan yang berasal dari bahan induknya (Puslitanak, 2001).

Secara garis besar formasi batuan yang membentuk sub-DAS Cikapundung Hulu termasuk ke dalam jenis *Quaternary Volcanic* yang terbentuk pada masa plistosin. Adapun jenis satuan batuan dari sub-DAS Cikapundung Hulu adalah sebagai berikut:

- Kolovium, yang berasal dari reruntuhan pegunungan berapi tua yang dikenal dengan Formasi Cikidang.
- Endapan danau, yang termasuk bidang pelapisan mendatar dan terdiri dari lempung tufaan, batu pasir tufaan, dan kerikil yang biasa dikenal dengan Formasi Kosambi
- Hasil Gunung Api Tua, yang terdiri atas persilangan antara breksi gunung api, lahar, dan lava yang dikenal dengan Formasi Cikapundung.

4.2. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi Tanah

Hasil uji Shapiro Wilk menunjukkan bahwa bobot isi tanah tidak berbeda nyata dalam kenormalan frekuensi penyebaran data. Hal ini dapat dilihat dari nilai T_3 yaitu sebesar 0,865271 mendekati 1 (Lampiran 6). Atas dasar hasil pengujian tersebut, maka variabel respon bobot isi tanah memiliki penyebaran data yang normal. Karena dari hasil pengujian diperoleh penyebaran data yang normal, maka setelah itu dilakukan uji lanjutan yaitu uji Sidik Ragam yang hasil penghitungannya tersaji pada tabel 4.

Tabel 4. Analisis Varians untuk Variabel Bobot Isi Tanah

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	f Hitung	$f_{0,5}$
Lereng	0,014	2	0,007	2,298	0,129
Penggunaan Lahan	0,542	2	0,271	86,930	0,000
Galat	0,056	18	0,003		
Total	0,700	26			

Sumber : Hasil Analisis Varians (2007)

4.2.1. Pengaruh Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi Tanah

Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa pada taraf nyata 0,05 kemiringan lereng tidak berbeda nyata terhadap besarnya bobot isi tanah. Ini berarti pada lereng yang landai (8-15%), agak curam (15-30%) maupun pada lereng curam (30-45%) pengaruhnya sama terhadap bobot isi tanah. Namun demikian apabila diperhatikan, sebenarnya terdapat kecenderungan peningkatan bobot isi tanah seiring dengan meningkatnya kemiringan lereng, seperti yang tersaji pada tabel 5.

Tabel 5. Uji Duncan Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi Tanah

Kemiringan lereng (%)	Rata-rata	Hasil Uji
8-15	0,55	a
15-30	0,59	a
30-45	0,61	a

Sumber : Hasil Uji Duncan (2007)

Hasil analisis menunjukkan bahwa bobot isi tanah tidak berbeda nyata pada semua tingkat kemiringan lereng, hal ini diduga karena antara rentang kemiringan lereng 8-15% sampai dengan lereng 30-45% berdasarkan Klasifikasi Kemampuan Lahan (*Land Capability Classification*) masih tergolong kepada satu satuan pengelolaan (*capability unit*) yang sama yaitu tergolong kepada lahan yang dapat digarap (*arable land*) dengan salah satu faktor pembatasnya adalah kemiringan lereng (Sitorus, 1989). Satuan pengelolaan yang sama memungkinkan pengaruh kemiringan lereng terhadap bobot isi tanah menjadi tidak berbeda nyata.

Faktor lain yang memungkinkan tidak adanya perbedaan yang nyata pada bobot isi pada semua tingkat kemiringan lereng adalah adanya penterasan pada lahan tegalan yang dilakukan warga setempat memungkinkan pengaruh kemiringan lereng terhadap tanah dapat diminimalisasi. Hal ini karena dengan adanya penterasan dapat meredam energi hujan, meredam daya geser aliran permukaan, mengurangi kuantitas aliran permukaan, dan dapat memperlambat laju aliran permukaan.

Salah satu teknik yang digunakan masyarakat setempat adalah dengan cara membuat teras bangku. Secara teknis teras bangku merupakan teknik pengendalian erosi yang efektif. Pembuatan teras bangku memungkinkan

terjadinya pemotongan panjang lereng dan kecuraman lereng, sehingga menghambat laju aliran permukaan dan pada akhirnya pengangkutan partikel-partikel tanah menjadi terhambat.

Pada lahan hutan dan hutan pins adanya vegetasi penutup tanah memperkecil pangaruh kemiringan lereng terhadap bobot isi tanah. Menurut Foth (1995) potensi erosi yang besar pada lahan dengan lereng panjang dan curam akan diminimalisir dengan adanya vegetasi penutup tanah. Vegetasi dapat menyerap energi kinetik dari titik-titik hujan yang jatuh dan mengurangi potensi erosi oleh air hujan. Lebih lanjut, vegetasi itu sendiri dapat menahan sejumlah besar air hujan dan memperlambat aliran permukaan.

4.2.2. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan Terhadap Bobot Isi Tanah

Berdasarkan uji statistik terlihat bahwa penggunaan lahan memberikan pengaruh nyata terhadap bobot isi tanah. Selanjutnya dapat diketahui bahwa penggunaan lahan tegalan memiliki bobot isi tanah yang lebih tinggi ($0,78 \text{ gcm}^{-3}$), dibandingkan hutan ($0,52 \text{ gcm}^{-3}$), dan hutan pinus ($0,45 \text{ gcm}^{-3}$). Bobot isi tanah pada lahan tegalan berbeda nyata dengan bobot isi tanah pada lahan hutan dan hutan pinus, begitu juga bobot isi tanah pada lahan hutan yang berbeda nyata dengan lahan hutan pinus, seperti yang tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji Duncan Penggunaan Lahan Terhadap Bobot Isi Tanah

Penggunaan Lahan	Rata-rata	Hasil Uji
Pinus	0,45	a
Hutan	0,52	b
Tegalan	0,78	c

Sumber : Hasil Uji Duncan (2007)

Lahan tegalan cenderung dianggap sebagai faktor yang akan memperburuk sifat fisik tanah termasuk didalamnya bobot isi tanah. Apabila proporsi lahan tegalan lebih besar, maka luas lahan yang akan terbuka lebih luas, terutama pada waktu panen. Dengan demikian, jumlah lahan yang menerima pengaruh pukulan butir hujan langsung ke tanah lebih besar.

Tingginya bobot isi tanah pada lahan tegalan diduga akibat kurangnya tajuk tanaman yang menutupi permukaan tanah yang mampu menahan energi kinetik air hujan. Energi kinetik air hujan ini mampu memadatkan tanah melalui proses tumbukan butir-butir air hujan dengan tanah, sehingga apabila terjadi pemadatan tanah, maka bobot isi menjadi lebih tinggi.

Pengolahan tanah pada lahan tegalan merupakan faktor lain yang mempengaruhi besarnya bobot isi tanah. Pengolahan tanah untuk jangka pendek diyakini mampu menciptakan kondisi aerasi tanah yang baik, akan tetapi dalam jangka panjang akan merusak struktur tanah bahkan akhirnya dapat mengurangi aerasi tanah. Perubahan tersebut disebabkan perombakan bahan organik dipercepat dengan adanya pengolahan tanah serta terbentuknya lapisan padas. Oleh karena itu, lahan tegalan yang diolah secara intensif memiliki bobot isi tanah yang tinggi, sedangkan pada lahan hutan dan hutan pinus yang tanpa pengolahan bobot isi tanahnya lebih rendah.

Hasil analisis menunjukkan pada lahan hutan dan hutan pinus mempunyai nilai bobot isi yang lebih rendah. Walaupun demikian, nilai bobot isinya tetap menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata. Hal ini diduga walaupun memiliki tutupan tajuk yang sama-sama mampu mengurangi daya tumbuk butiran air hujan

akan tetapi hutan pinus memiliki jumlah serasah yang lebih banyak dari pada hutan. Produksi serasah pinus sangat tinggi, yaitu sebesar 12,56-16,65 ton/ha (Komarayati dkk., 2002) sehingga akan menyebabkan lebih banyak kandungan bahan organiknya. Kandungan bahan organik tanah yang tinggi pada penggunaan lahan hutan pinus diduga terjadi karena kualitas dan kuantitas masukan sumber bahan organik, aktivitas organisme, dan serasah yang lebih banyak dalam menekan proses erosi. Bahan organik ini sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya bobot isi. Bahan organik berupa daun, ranting dan sebagainya yang belum hancur dan menutupi permukaan tanah, merupakan pelindung tanah terhadap kekuatan perusak butir-butir air hujan yang jatuh. Bahan organik tersebut menghambat aliran air di atas permukaan tanah sehingga mengalir dengan lambat sehingga keadaan top soil pun lebih terjaga, jika bahan organik lebih banyak maka dengan sendirinya bobot isi akan semakin membaik.

Faktor lain yang memungkinkan nilai bobot isi pada lahan hutan pinus lebih rendah adalah adanya tajuk vegetasi yang lebih rapat dan teratur sehingga akan memungkinkan lebih banyak butiran air hujan yang dapat diintersepsi, tajuk tanaman akan menyerap dampak air hujan dan membiarkan air jatuh dengan lembut ke tanah tanpa memecahkan agregat, dan menyebabkan kesempatan jatuhnya butiran air hujan langsung ke permukaan tanah lebih kecil. Keadaan ini memberikan kesempatan butiran hujan masuk ke dalam tanah sebagai air infiltrasi dan perkolasi, sehingga mengurangi pengaruh tumbukan air hujan yang bisa memadatkan tanah, itulah sebabnya mengapa bobot isi tanah pada lahan hutan pinus lebih rendah dibandingkan penggunaan lahan lainnya.

4.3. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Porositas Total Tanah

Hasil uji Shapiro Wilk menunjukkan bahwa porositas total tanah tidak berbeda nyata dalam kenormalan frekuensi penyebaran data. Hal ini dapat dilihat dari nilai T_3 yaitu sebesar 0,8684182 mendekati 1 (Lampiran 7). Atas dasar hasil pengujian tersebut, maka variabel respon porositas total tanah memiliki penyebaran data yang normal. Karena dari hasil pengujian diperoleh penyebaran data yang normal, maka setelah itu dilakukan uji lanjutan yaitu uji Sidik Ragam yang hasil penghitungannya tersaji pada tabel 7.

Tabel 7. Analisis Varians untuk Variabel Porositas Total Tanah

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	f Hitung	$f_{0,5}$
Lereng	21,738	2	10,869	2,475	0,114
Penggunaan Lahan	766,412	2	383,206	86,609	0,000
Galat	79,642	18	4,425		
Total	993,717	26			

Sumber : Hasil Analisis Varians (2007)

4.3.1. Pengaruh Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Porositas Total Tanah

Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa pada taraf nyata 0,05 kemiringan lereng tidak berbeda nyata terhadap besarnya porositas total tanah. Ini berarti pada kemiringan lereng yang landai (8-15%), agak curam (15-30%) maupun pada kemiringan lereng yang curam (30-45%) pengaruhnya sama terhadap porositas total tanah. Keadaan ini sama dengan pembahasan sebelumnya bahwa kemiringan lereng tidak berbeda nyata terhadap bobot isi tanah. Hal ini diduga karena kemiringan lereng yang dikaji antara 8-15% sampai dengan

kemiringan lereng 30-45% belum terlalu jauh intervalnya sehingga walaupun terdapat kecenderungan peningkatan porositas total tanah dengan makin menurunnya kemiringan lereng akan tetapi tetap tidak berbeda nyata, seperti yang terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Uji Duncan Kemiringan Lereng Terhadap Porositas Total Tanah

Kemiringan Lereng (%)	Rata-rata	Hasil Uji
8-15	79,01	a
15-30	77,47	a
30-45	76,88	a

Sumber : Hasil Uji Duncan (2007)

4.3.2. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan Terhadap Porositas Total Tanah

Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan bahwa penggunaan lahan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap porositas total tanah. Lahan-lahan tegalan, hutan pinus, dan hutan masing-masing memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap porositas total tanah. Selanjutnya dari hasil uji Duncan dapat diketahui bahwa penggunaan lahan hutan pinus memiliki porositas total tanah yang lebih tinggi ($82,79 \text{ gcm}^{-3}$) bila dibandingkan dengan porositas total tanah pada lahan hutan ($80,17 \text{ gcm}^{-3}$), dan porositas total tanah pada lahan tegalan ($70,41 \text{ gcm}^{-3}$), seperti yang tersaji pada tabel 9.

Tabel 9. Uji Duncan Penggunaan Lahan Terhadap Porositas Total Tanah

Penggunaan Lahan	Rata-rata	Hasil Uji
Tegalan	70,41	a
Hutan	80,17	b
Pinus	82,79	c

Sumber : Hasil Uji Duncan (2007)

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada setiap sistem penggunaan lahan memberikan respon yang berbeda nyata terhadap porositas total tanah. Hal ini diduga disebabkan ada atau tidaknya pengolahan tanah pada tiap-tiap jenis penggunaan lahan.

Pemadatan tanah merupakan hasil dari pengolahan tanah secara terus menerus sehingga mengakibatkan berkurangnya porositas total tanah dan meningkatkan bobot isi tanah. Gaya tekan yang diberikan oleh alat pengolah tanah menyebabkan berkurangnya rata-rata ukuran pori-pori tanah. Oleh karena itu, pada lahan tegalan yang diolah secara intensif porositas total tanahnya lebih rendah dibandingkan dengan lahan hutan dan hutan pinus yang tanpa pengolahan.

Sistem perakaran merupakan faktor lain yang diduga berpengaruh terhadap tinggi rendahnya nilai porositas total tanah pada tiap-tiap penggunaan lahan. Tanaman tingkat tinggi pada lahan hutan memiliki sistem fisiologi perakaran yang dalam serta kokoh sebagai penyokong dan penyeimbang dengan bentuk pohonnya yang menjulang tinggi. Sistem perakaran tersebut melakukan penetrasi secara vertikal dan lateral untuk menyerap unsur hara. Secara tidak langsung akar-akar tanaman dengan selaput koloidalnya akan mengikat butir-butir tanah, sehingga tanah menjadi remah, begitu juga dengan tanaman pinus yang mempunyai tutupan tajuk dan sistem perakaran yang baik, tutupan tajuk ini relatif luas dan hampir melindungi permukaan tanah secara keseluruhan diantara barisan tanaman.

Kanopi yang menutupi sebagian atau keseluruhan permukaan tanah, sebagiannya akan melapuk secara bertahap, serasah yang menutupi permukaan tanah dan penutupan tajuk pepohonan akan menyebabkan kondisi iklim di

permukaan tanah dan lapisan tanah menjadi lebih lembab, temperatur dan intensitas cahaya menjadi lebih rendah. Kondisi iklim mikro yang demikian sangat sesuai untuk perkembangbiakan dan kegiatan organisme. Kegiatan dan perkembangan organisme ini semakin cepat karena tersedianya bahan organik sebagai sumber energi. Kegiatan organisme ini akan berpengaruh terhadap terbentuknya pori-pori di dalam tanah sehingga menyebabkan jumlah porositas total tanah menjadi semakin meningkat.

Sistem perakaran pada lahan hutan pinus sangat menunjang untuk memperbaiki pori-pori tanah, sistem perakaran yang dalam dari pohon pinus dapat meningkatkan daya jelajah akar dalam menyerap unsur hara lebih luas. Akar pohon pinus ini sangat berperan dalam memperbaiki pori-pori tanah melalui intersepsi rambut akar yang mampu membelah partikel-partikel tanah, sehingga tanah menjadi remah, akan tetapi dengan jumlah perakaran yang lebih banyak maka porositas total tanahnya pun secara cenderung menjadi lebih baik daripada lahan hutan. Hal ini dikarenakan lebih banyaknya celah-celah tanah yang terbuka akibat makin banyaknya penetrasi akar ke dalam tanah. Lain halnya dengan lahan hutan dan hutan pinus pada lahan tegalan yang banyak ditanami tanaman semusim sistem perakarannya kurang mampu melakukan penetrasi sehingga porositas total tanahnya lebih rendah dari lahan hutan dan hutan pinus. Hal ini disebabkan bobot isi tanah yang ada pada lahan tegalan lebih tinggi, sehingga menyulitkan akar dalam memecah agregat tanah yang padat. Itulah sebabnya mengapa lahan tegalan mempunyai total porositas yang paling sedikit dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya.

4.4. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Kadar Air Tanah

Hasil uji Shapiro Wilk menunjukkan bahwa kadar air tanah tidak berbeda nyata dalam kenormalan frekuensi penyebaran data. Hal ini dapat dilihat dari nilai T_3 yaitu sebesar 0,8148834 mendekati 1 (Lampiran 8). Atas dasar hasil pengujian tersebut, maka variabel respon kadar air tanah memiliki penyebaran data yang normal. Karena dari hasil pengujian diperoleh penyebaran data yang normal, maka setelah itu dilakukan uji lanjutan yaitu uji Sidik Ragam dan uji Duncan. Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa pada taraf nyata 0,05 kemiringan lereng maupun penggunaan lahan berpengaruh nyata terhadap kadar air tanah seperti yang tersaji pada tabel 10.

Tabel 10. Analisis Varians untuk Variabel Kadar Air Tanah

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	<i>f</i> Hitung	<i>f</i> 0,5
Lereng	358,120	2	179,060	6,452	0,008
Penggunaan Lahan	11384,052	2	5692,026	205,106	0,000
Galat	499,529	18	27,752		
Total	13032,400	26			

Sumber : Hasil Analisis Varians (2007)

4.4.1. Pengaruh Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Kadar Air Tanah

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemiringan lereng memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air tanah (Tabel 11). Lereng akan mempengaruhi kadar air tanah melalui proses erosi serta jumlah, arah, dan pergerakan air berikut bahan-bahan terlarut di permukaan dan di dalam penampang tanah, jumlah air hujan yang meresap atau yang ditahan oleh tanah, dalamnya air tanah, besarnya erosi,

dan mengarahkan gerakan air berikut bahan-bahan terlarut dari suatu tempat ke tempat lain. Tanah-tanah di tempat terjadinya erosi akan banyak kehilangan fraksi tanah halus (liat), fraksi yang peka terhadap erosi (debu dan pasir halus), dan bahan organik, serta meninggalkan tanah dengan fraksi pasir tinggi, tanah padat, dan permeabilitas cepat.

Tabel 11. Uji Duncan Kemiringan Lereng Terhadap Kadar Air Tanah

Kemiringan Lereng (%)	Rata-rata	Hasil Uji
8-15	83,77	b
15-30	79,35	ab
30-45	74,69	a

Sumber : Hasil Uji Duncan (2007)

Kemiringan lereng pada interval 8-15% mempunyai nilai kadar air tanah yang berbeda nyata dibandingkan dengan kemiringan lereng pada interval 30-45%, tetapi tidak berbeda nyata dengan kemiringan lereng pada interval 15-30%, begitu juga dengan kemiringan lereng pada interval 30-45% yang mempunyai nilai kadar air tanah yang tidak berbeda nyata dengan kemiringan lereng pada interval 15-30% (Tabel 11). Hal ini diduga karena perbedaan kemiringan lereng 8-15% dengan 15-30% maupun kemiringan lereng 15-30% dengan 30-45% tidak terlalu jauh berbeda intervalnya sehingga mempunyai pengaruh yang sama terhadap kadar air tanah, ini berbeda dengan kemiringan lereng 8-15% yang mempunyai nilai kadar air tanah yang berbeda nyata dengan kemiringan lereng 30-45%, pada kemiringan lereng 30-45% selain dari besarnya aliran permukaan, curamnya lereng 30-45% juga memperbesar energi angkut air. Kemiringan lereng semakin besar, jumlah butir-butir tanah yang terpercik ke bawah oleh tumbukan

air hujan semakin banyak, sehingga mengakibatkan lapisan tanah atas (*top-soil*) dan lapisan bahan organik tanah pada lereng 30-45% menjadi terkikis, akibatnya tanah menjadi padat dan air yang masuk kedalam tanah yang dapat diikat oleh partikel-partikel tanah menjadi lebih sedikit.

Pada lereng 30-45% diduga porositasnya didominasi oleh pori-pori kasar sehingga lebih banyak diisi udara, sedangkan menurunnya liat, bahan organik, dan bobot isi tanah menyebabkan kemampuan tanah menahan air lebih rendah karena tanah mempunyai sedikit pori-pori halus yang dapat diisi air. Akibatnya, kadar air tanah pada lereng 30-45% lebih sedikit dibandingkan pada lereng 8-15% dan lereng 15-30%.

4.4.2. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan Terhadap Kadar Air Tanah

Hasil analisis menunjukkan bahwa selain kemiringan lereng, jenis penggunaan lahan memberikan nilai kadar air tanah yang berbeda nyata pada tiap-tiap penggunaan lahan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa penggunaan lahan tegalan memberikan nilai kadar air tanah yang berbeda nyata dengan lahan hutan dan hutan pinus, akan tetapi penggunaan lahan hutan mempunyai nilai kadar air tanah yang tidak berbeda nyata dengan penggunaan lahan hutan pinus, seperti yang tersaji pada tabel 12.

Tabel 12. Uji Duncan Penggunaan Lahan Terhadap Kadar Air Tanah

Penggunaan Lahan	Rata-rata	Hasil Uji
Tegalan	50,28	a
Pinus	82,79	b
Hutan	95, 15	b

Sumber : Hasil Uji Duncan (2007)

Pada umumnya tanah dari suatu lingkungan hutan dan hutan pinus memiliki kemampuan permeabilitas, infiltrasi, dan perkolasi yang tinggi. Hal itu sebagian besar disebabkan oleh tingkat aktivitas biologi yang tinggi di dalam tanah pada suatu ekosistem hutan maupun hutan pinus. Aktivitas organisme tanah, keberadaan akar-akar vegetasi, dan masukan bahan organik ke dalam tanah membantu dalam pembentukan pori-pori dan struktur tanah yang menyebabkan proses infiltrasi yang cepat serta transmisi air.

Lahan hutan dan hutan pinus akan berpengaruh langsung terhadap proses erosi. Erosivitas hujan ke tanah akan berkurang karena sebagian besar butiran hujan diintersepsi oleh tajuk vegetasi yang umumnya lebih rapat. Butiran hujan yang jatuh ke tanah akan lebih kecil. Keadaan itu akan memberikan kesempatan butiran hujan masuk ke dalam tanah sebagai air infiltrasi dan perkolasi, sedangkan aliran permukaan akan berkurang.

Pada lahan hutan dan hutan pinus diduga mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi. Bahan organik berupa daun, ranting dan sebagainya yang belum hancur yang menutupi permukaan tanah, merupakan pelindung tanah terhadap kekuatan perusak butir-butir hujan yang jatuh. Bahan organik tersebut menghambat aliran air di atas permukaan tanah sehingga mengalir dengan lambat.

Bahan organik yang telah mulai mengalami pelapukan pada lahan hutan dan hutan pinus mempunyai kemampuan menyerap dan menahan air yang tinggi. Bahan organik dapat menyerap air sebesar dua sampai tiga kali beratnya (Arsyad, 2000). Akan tetapi, kemampuan ini hanya merupakan faktor kecil dalam pengaruhnya terhadap aliran permukaan. Pengaruh bahan organik dalam

mempengaruhi aliran permukaan terutama berupa perlambatan aliran permukaan, peningkatan infiltrasi dan pematapan agregat tanah, sehingga kadar air di dalam tanah menjadi lebih banyak.

Pada lahan tegalan kadar air yang terkandung dalam tanahnya lebih sedikit. Hal ini karena proses imbunan air ke dalam tanah ditentukan sifat fisik tanah yang menyangkut kemampuannya untuk melalukan dan menyimpan air. Pada lahan tegalan diduga telah terjadi penurunan kualitas sifat fisika tanah yang ditandai dengan rendahnya porositas tanah. Porositas tanah merupakan parameter penting untuk menduga kapasitas tanah dalam menyimpan air. Porositas tanah yang rendah pada lahan tegalan, disebabkan lahan tegalan menerima langsung tetesan air hujan. Proses tumbukan langsung tetes air hujan dengan butiran tanah, menyebabkan butiran-butiran tanah itu pecah (*splash erosion*) menjadi partikel-partikel yang lebih kecil yang kemudian mengisi rongga antar butir yang menyebabkan sulitnya air masuk ke dalam tanah.

Faktor lainnya adalah bahan organik pada lahan tegalan tidak mendukung untuk proses mengimbuhnya air ke dalam tanah. Pengaruh bahan organik dan liat terhadap kadar air tanah yaitu melalui kemampuannya mengikat dan menahan air. Bahan organik meningkatkan daya menahan air tanah dan mempertinggi jumlah air yang tersedia untuk kehidupan tumbuhan (Buckman, 1982). Bahan organik akan mengikat air melalui gugus karboksilnya dengan ikatan tunggal dan tekstur liat akan menjerap air melalui gaya elektrik sedangkan tekstur pasir tidak mampu mengikat dan menahan air. Oleh karena itu, pada lahan tegalan yang tanahnya banyak tererosi fraksi liatnya akan memiliki ketersediaan air yang lebih rendah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1). Jenis penggunaan lahan yang berbeda dapat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap bobot isi, porositas total, dan kadar air tanah, sedangkan kelas kemiringan lereng yang berbeda hanya berpengaruh terhadap kadar air tanah.
- 2). Bobot isi tanah yang paling tinggi serta porositas total tanah yang paling rendah terdapat pada penggunaan lahan tegalan, sedangkan kadar air tanah yang paling rendah terdapat pada penggunaan lahan tegalan dan pada kemiringan lereng 15-30% dan 30-45%.

5.2. Saran

- 1). Sebaiknya dilakukan penelitian yang serupa dengan lebih memperbanyak keragaman jenis penggunaan lahan dan kelas kemiringan lereng.
- 2). Dilakukan penelitian yang serupa tetapi lebih dititik beratkan pada pengaruh vegetasi yang berupa pengaruh aliran batang, curahan tajuk dan intersepsi pada beberapa penggunaan lahan terhadap sifat fisik tanah. Hal ini karena tiap tanaman pada suatu penggunaan lahan memiliki karakteristik yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, T. S. 1996. *Survei Tanah dan Evaluasi Lahan*. Cetakan Kedua. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Cetakan Ketiga. Institut Pertanian Bogor Press, Bogor.
- Asdak, C. 2001. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- _____. 2003. *Kondisi Hidrologis Aktual DAS Citarum Hulu*. Kedepujian Ilmu Pengetahuan Kebumihan dan Badan Pengendalian Lingkungan Hidup, Jawa Barat.
- Buckman, Harry O. and Nyle C. Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- Foth, H. D. 1995. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Edisi Ketujuh. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gasperz, Vincent. 1995. *Teknik Analisis Penelitian Percobaan*. Tarsito, Bandung.
- Gunawan, T. dan Hartono. 2000. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Watershed Management)*. Pusat Survei Sumberdaya Alam Bakosurtanal, Jakarta.
- Hairiah, K., Suprayogo, D., dan Noordwijk, V. M. 2003. *Interaksi Antara Pohon-Tanah-Tanaman Semusim: Kunci Keberhasilan atau Kegagalan Dalam Sistem Agroforestri*. World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo, Jakarta.
- _____. 2003. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Kartasapoetra, A. Gunarsih. 1986. *Klimatologi: Pengaruh Iklim Terhadap Tanah dan Tanaman*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Komarayati, S., Gusmailina, dan Pari, G. 2002. *Pembuatan Kompos dan Arang Kompos dari Serasah dan Kulit Kayu Tusam*. Buletin Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2003. *Usahatani pada Lahan Kering*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian, Bogor.

- Rasid, I. 2005. *Pemodelan Spasial Zonasi Erosi Menggunakan Pendekatan Morgan (Studi Kasus Sub-Das Cikapundung Hulu)*. Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Morgan, R.P.C. 1979. *Soil Erosion and Conservation*. Longmans, London.
- Saidi, A. 1995. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aliran Permukaan dan Sedimentasi Serta Dampaknya Terhadap Degradasi Lahan di Sub-DAS Sumani, Solok, Sumatera Barat*. Disertasi Doktor. Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Salim, E.H. 1998. *Pengelolaan Tanah*. Karya Tulis. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Sarief, E.S. 1986. *Konservasi Tanah dan Air*. Pustaka Buana, Bandung.
- _____. 1989. *Fisika-Kimia Tanah Pertanian*. Pustaka Buana, Bandung.
- _____. 1993. *Ilmu Tanah Pertanian*. Pustaka Buana, Bandung.
- Sitorus, S.R.P. 1989. *Survai Tanah dan Penggunaan Lahan*. Laboratorium Perencanaan Sumberdaya Lahan Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sumartoyo. 1989. *Pendekatan Geomorfologi untuk Kajian Kerentanan Erosi dan Morfokonservasi Daerah Sub-DAS Lematang Hulu Lahat, Sumata Selatan*. Skripsi. Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Wiradisastra. 1999. *Geomorfologi dan Analisis Langkap*. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Yuzirwan. 1996. *Keragaman Tataguna Lahan Dan Pengaruhnya Terhadap Aliran Permukaan, Erosi dan Sedimentasi di Sub-DAS Cikapundung Gondok Das Citarum Hulu, Jawa Barat*. Disertasi Doctor. Universitas Padjadjaran, Bandung.

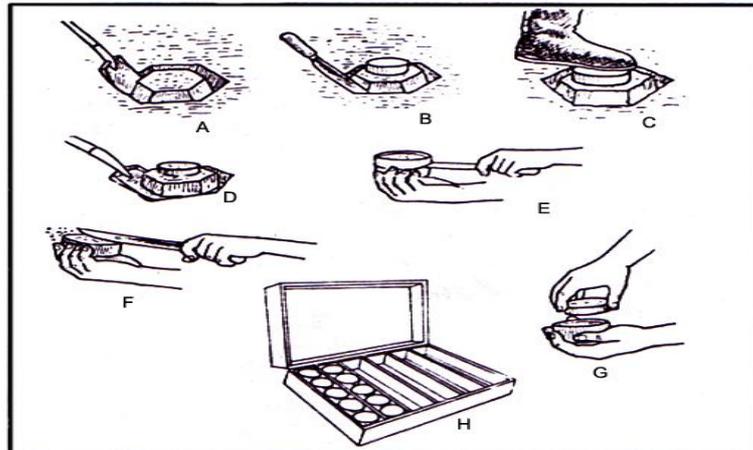
Lampiran 1. Prosedur Pengambilan Contoh Tanah Utuh di Lapangan

Alat-alat :

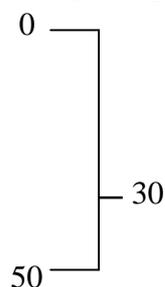
1. Ring Sampler
2. Cangkul/skop
3. Pisau tipis tajam

Cara Pengambilan Sampel Tanah

1. Ratakan dan bersihkan lapisan tanah yang akan diambil, kemudian letakkan *ring sampler* (cincin tanah) dalam posisi tegak pada tanah.
2. Gali sekeliling cincin dengan sekop (gambar a).
3. Kerat tanah dengan pisau sampai hampir mendekati cincin (gambar b).
4. Tekan cincin sampai tiga perempat bagiannya masuk ke dalam tanah (c).
5. Letakkan cincin tanah lain tepat di atas cincin pertama, kemudian tekan lagi sampai bagian bawah dari cincin ini masuk kedalam tanah kira kira sampai 1 cm.
6. Cincin beserta tanah didalamnya digali dengan sekop (Gambar d). Pisahkan cincin kedua dengan hati hati (Gambar e), kemudian potonglah kelebihan tanah yang ada pada bagian atas dan bawah cincin sampai rata sekali (Gambar f).
7. Tutuplah cincin dengan tutup pelastik (Gambar g).
8. Kemudian simpan di peti cincin tanah (Gambar h).



Gambar 1. Cara Pengambilan Sampel Tanah Menggunakan Ring Sampel Tanah



Pengambilan contoh tanah diambil pada 0-30 cm.

Lampiran 2. Penentuan Bobot Isi Tanah dengan Core Method

Alat-alat :

1. Timbangan listrik dengan ketelitian dua desimal
2. Core sampler atau ring sampler
3. Cangkul atau sekop
4. Pisau tipis tajam
5. Oven pengering sampai 105°c
6. Dessicator

Prosedur/cara kerja :

1. Pertama-tama permukaan tanah dibersihkan dulu dari rerumputan dan sampah-sampah, ring dan tutupnya ditimbang beratnya.
2. Ambil contoh tanah dan ring yang sudah berisi tanah tersebut kemudian diratakan dengan pisau tajam dan tipis sehingga kedua permukaan betul-betul rata dengan kedua bibir ring sampler dan setelah itu kedua bagian muka tanah tersebut ditutup dengan tutup ring yang terbuat dari plastik.
3. Kemudian ditimbang keseluruhan (tanah + ring + tutup) dengan timbangan duduk, lalu dikurangi oleh berat ring dan tutup maka akan diperoleh berat tanah kering udara.
4. Dengan mengetahui kandungan air tanah (% berat) maka dapat dihitung berat tanah kering mutlak dengan rumus :

$$\text{BKM} = \frac{100\%}{100\% + \text{Kandungan Air Tanah}} \times \text{BKU}$$

$$\text{Isi ring (Volume Tanah)} = \pi r^2 t$$

$$\text{Bobot Isi} = \frac{\text{BKM}}{\text{Volume Tanah}}$$

Lampiran 3. Penentuan Porositas Total

Alat-alat :

1. Ring Sampler
2. Cangkul/skop
3. Oven pengering, 105°C
4. pF meter
5. Timbangan analitik
6. Dessicator
7. Pisau tipis tajam

Cara Kerja :

1. Tentukan bobot jenis tanah (*bulk density*) dengan cara menimbang keseluruhan (tanah + ring + tutup) dengan timbangan duduk, kemudian dikurangi oleh berat ring dan tutup maka akan diperoleh berat tanah kering udara. Dengan mengetahui kandungan air tanah (% berat) maka dapat dihitung berat tanah kering mutlak.
2. Untuk nilai kepadatan partikel (*particle density*) dipakai angka 2,65 (nilai *real density*).
3. Untuk perhitungan dipakai rumus di bawah ini :

$$\text{Total porositas tanah (f)} = \left[\frac{1,0 - \text{Bulk density (g/cm}^3\text{)}}{\text{Particle density (g/cm}^3\text{)}} \right] \times 100\%]$$

Lampiran 4. Penentuan Kadar Air Tanah

Alat-alat:

1. Alat pengukur kelembapan tanah Brabender atau lainnya.
2. Timbangan analitik dan pemanas oven.
3. Alat eksikator.
4. Tangkai capitan.
5. Botol timbang 20 ml.

Cara kerja :

Dengan alat Brabender, tanah dapat langsung diketahui setelah 24 jam sebelumnya tanah seberat ± 10 g dimasukkan kedalamnya. Apabila alat Brabender tidak ada, maka dapat dipergunakan oven sebagai berikut :

1. Timbang berat botol timbangan (g), masukkan tanah seberat 10 g kedalamnya, kemudian masukkan ke dalam oven dengan pemanasan 105°C (dilakukan dua kali / duplo).
2. Setelah lebih dari 24 jam, tanah dalam botol timbang dikeluarkan dari oven disimpan di eksikator, setelah beberapa saat dan botolnya dingin kemudian ditimbang, angka dicatat.
3. Keesokan harinya ditimbang lagi dengan cara yang sama, angka dicatat, penimbangan ini dilakukan beberapa kali sekurang-kurangnya 3 kali penimbangan terakhir diperoleh berat contoh tanah tetap atau konstan. Berat tanah terakhir ini disebut berat tanah kering mutlak dan dianggap airnya sudah menguap semua.

Perhitungan :

$$\text{Kandungan air dalam \% berat} = \frac{\text{Berat kadar air tanah}}{\text{Berat tanah rata-rata}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar air dalam \% volume} = \text{Bobot isi tanah} \times \text{Kandungan air dalam \% berat}$$

Lampiran 5. Data curah hujan sepuluh tahun terakhir di daerah penelitian

Tahun	Curah hujan (mm)										Rata
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	rata/bulan dlm 10 tahun
Januari	357.3	520.9	136.2	218.1	279.5	347.7	386.3	100.4	192.6	198	273.7
Februari	225.1	104.6	393.8	122	116.3	176.4	123.5	319	269.9	450	230.06
Maret	254.6	106.4	377.7	181.9	192.9	161.4	235.6	179.7	193.7	314	219.79
April	170.1	216.3	295.9	140.6	278.5	159.7	167.2	167.2	203.1	171.9	197.05
Mei	29	94.5	236.4	143.6	117.3	26.2	26.2	26.2	228.6	154.6	108.26
Juni	29.6	0	165.1	30.8	67.8	77.7	28.6	28.6	36.4	106.2	57.08
Juli	92.4	0	114.8	31.6	28.8	28.8	154.6	154.6	52.7	41.6	69.99
Agustus	32.6	0	52.2	22.5	54.5	61.8	25.4	24.5	0	34.9	30.84
September	79.6	2.7	142.6	2.8	1.5	41.8	0	0	14	108.5	39.35
Oktober	424.2	9.6	276.8	328.6	152.6	350	27.3	27.3	13	159.4	176.88
November	412.4	74.1	265.2	467.7	0	417.8	192.1	192.1	148.1	197.5	236.7
Desember	258.2	286	153.4	282.8	87.2	22.3	323	323	315.3	244.5	229.57
Jumlah	2365.1	1415.1	2610.1	1973	1376.9	1871.6	1689.8	1542.6	1667.4	2181.1	1869.27
BK	3	5	1	4	4	4	5	5	5	2	3.8
BB	7	5	11	8	6	6	7	7	7	10	7.4

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika (2005)

Keterangan : BK = Bulan Kering, jika curah hujan < 60 mm/bulan

BB = Bulan Basah, jika curah hujan > 100 mm/bulan

Tipe Curah Hujan	Nilai Q (%)	Sifat
A	$0 \leq Q < 14.3$	Sangat Basah
B	$14.3 \leq Q < 33.3$	Basah
C	$33.3 \leq Q < 60.0$	Agak Basah
D	$60.0 \leq Q < 100$	Sedang
E	$100 \leq Q < 167$	Agak Kering
F	$167 \leq Q < 300$	Kering
G	$300 \leq Q < 700$	Sangat Kering
H	$Q \geq 700$	Luar Biasa Kering

Sumber : Schmidt - Fergusson (1951)

$$\text{Nilai Q} = \frac{\text{Jumlah rata-rata Bulan Kering}}{\text{Jumlah rata-rata Bulan Basah}} \times 100 \% = \frac{3.8}{7.4} \times 100 \% = 51.35 \%$$

Dengan Nilai Q = 51.35 % maka tipe curah hujan berdasarkan klasifikasi Schmidt-Fergusson (1951) adalah tipe C (Agak Basah).

Lampiran 6. Uji Kenormalan Bobot Isi Tanah Menggunakan Uji Shapiro Wilk

No.	X_i	X_{rata}	$(X_i - X_{rata})^2$
1	0.4	0.588148	0.035399726
2	0.41	0.588148	0.031736763
3	0.42	0.588148	0.0282738
4	0.43	0.588148	0.025010837
5	0.44	0.588148	0.021947874
6	0.44	0.588148	0.021947874
7	0.47	0.588148	0.013958985
8	0.47	0.588148	0.013958985
9	0.48	0.588148	0.011696022
10	0.5	0.588148	0.007770096
11	0.51	0.588148	0.006107133
12	0.52	0.588148	0.00464417
13	0.53	0.588148	0.003381207
14	0.54	0.588148	0.002318244
15	0.54	0.588148	0.002318244
16	0.56	0.588148	0.000792318
17	0.56	0.588148	0.000792318
18	0.58	0.588148	6.63923E-05
19	0.6	0.588148	0.000140466
20	0.61	0.588148	0.000477503
21	0.75	0.588148	0.026196022
22	0.77	0.588148	0.033070096
23	0.82	0.588148	0.053755281
24	0.83	0.588148	0.058492318
25	0.85	0.588148	0.068566392
26	0.91	0.588148	0.103588615
27	0.94	0.588148	0.123799726

i	a_i	$X^{(n-i+1)}$	$X^{(i)}$	$X^{(n-i+1)} - X^{(i)}$
1	0.4366	0.94	0.4	0.54
2	0.3018	0.91	0.41	0.50
3	0.2522	0.85	0.42	0.43
4	0.2152	0.83	0.43	0.40
5	0.1848	0.82	0.44	0.38
6	0.1584	0.77	0.44	0.33
7	0.1346	0.75	0.47	0.28
8	0.1128	0.61	0.47	0.14
9	0.0923	0.6	0.48	0.12
10	0.0728	0.58	0.5	0.08
11	0.0540	0.56	0.51	0.05
12	0.0358	0.56	0.52	0.04
13	0.0178	0.54	0.53	0.01
14	0.0000	0.54	0.54	0.00

Keterangan :

$$\text{Denominator (D)} = 0.778376$$

$$\left[\sum_{i=1}^k a_i (X^{(n-i+1)} - X^{(i)}) \right]^2 = 0.605869$$

$$T_3 = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^k a_i (X^{(n-i+1)} - X^{(i)})^2$$

$$T_3 = 0.865271$$

Lampiran 7. Uji Kenormalan Porositas Total Tanah Menggunakan Uji Shapiro Wilk

No.	X_i	X_{rata}	$(X_i - X_{rata})^2$
1	64.35	77.791852	180.6833812
2	65.68	77.791852	146.6969553
3	67.94	77.791852	97.05898491
4	68.65	77.791852	83.57345528
5	69.23	77.791852	73.30530713
6	70.97	77.791852	46.53766269
7	71.83	77.791852	35.5436775
8	77.05	77.791852	0.55034417
9	77.32	77.791852	0.22264417
10	78	77.791852	0.043325652
11	78.78	77.791852	0.976436763
12	78.91	77.791852	1.250255281
13	79.54	77.791852	3.056021948
14	79.73	77.791852	3.756418244
15	79.81	77.791852	4.072921948
16	80.55	77.791852	7.607381207
17	80.69	77.791852	8.399262689
18	81.08	77.791852	10.81191824
19	81.7	77.791852	15.27362195
20	82.11	77.791852	18.64640343
21	82.21	77.791852	19.52003306
22	83.35	77.791852	30.89301084
23	83.53	77.791852	32.92634417
24	83.96	77.791852	38.04605158
25	84	77.791852	38.54110343
26	84.44	77.791852	44.1978738
27	84.97	77.791852	51.52581084

i	a_i	$X^{(n-i+1)}$	$X^{(i)}$	$X^{(n-i+1)} - X^{(i)}$
1	0.4366	84.97	64.35	20.62
2	0.3018	84.44	65.68	18.76
3	0.2522	84.00	67.94	16.06
4	0.2152	83.96	68.65	15.31
5	0.1848	83.53	69.23	14.30
6	0.1584	83.35	70.97	12.38
7	0.1346	82.21	71.83	10.38
8	0.1128	82.11	77.05	5.06
9	0.0923	81.7	77.32	4.38
10	0.0728	81.08	78	3.08
11	0.0540	80.69	78.78	1.91
12	0.0358	80.55	78.91	1.64
13	0.0178	79.81	79.54	0.27
14	0.0000	79.73	79.73	0.00

Keterangan :

Denominator (D) = 29.376208

$$\left[\sum_{i=1}^k a_i (X^{(n-i+1)} - X^{(i)}) \right]^2 = 862.961596$$

$$T_3 = \frac{1}{D} \left[\sum_{i=1}^k a_i (X^{(n-i+1)} - X^{(i)}) \right]^2$$

$$T_3 = 0.8684182$$

Lampiran 8. Uji Kenormalan Kadar Air Tanah Menggunakan Uji Shapiro Wilk

No.	X_i	X_{rata}	$(X_i - X_{rata})^2$
1	34.57	79.274815	1998.520468
2	40.4	79.274815	1511.251227
3	45.3	79.274815	1154.288042
4	46.1	79.274815	1100.568338
5	46.56	79.274815	1070.259108
6	48.8	79.274815	928.714338
7	57.24	79.274815	485.5330639
8	66.08	79.274815	174.103138
9	67.47	79.274815	139.3536528
10	82.06	79.274815	7.757256516
11	83.84	79.274815	20.84091578
12	84.68	79.274815	29.21602689
13	85.78	79.274815	42.31743429
14	89.17	79.274815	97.91468985
15	89.18	79.274815	98.11269355
16	91.08	79.274815	139.3623973
17	95.54	79.274815	264.5562491
18	95.85	79.274815	274.7367639
19	97.76	79.274815	341.7020713
20	98.15	79.274815	356.2726158
21	98.42	79.274815	366.5381158
22	99.02	79.274815	389.872338
23	99.04	79.274815	390.6625454
24	99.09	79.274815	392.6415639
25	99.67	79.274815	415.9635787
26	99.73	79.274815	418.414601
27	99.84	79.274815	422.9268417

i	a_i	$X^{(n-i+1)}$	$X^{(i)}$	$X^{(n-i+1)} - X^{(i)}$
1	0.4366	99.84	34.57	65.27
2	0.3018	99.73	40.4	59.33
3	0.2522	99.67	45.3	54.37
4	0.2152	99.09	46.1	52.99
5	0.1848	99.04	46.56	52.48
6	0.1584	99.02	48.8	50.22
7	0.1346	98.42	57.24	41.18
8	0.1128	98.15	66.08	32.07
9	0.0923	97.76	67.47	30.29
10	0.0728	95.85	82.06	13.79
11	0.0540	95.54	83.84	11.70
12	0.0358	91.08	84.68	6.40
13	0.0178	89.18	85.78	3.40
14	0.0000	89.17	89.17	0.00

Keterangan :

$$\text{Denominator (D)} = 103.052833$$

$$\left[\sum_{i=1}^k a_i (X^{(n-i+1)} - X^{(i)}) \right]^2 = 10619.886389$$

$$T_3 = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^k a_i (X^{(n-i+1)} - X^{(i)})^2$$

$$T_3 = 0.8148834$$

Lampiran 9. Data Hasil Pengamatan Bobot Isi Tanah

No	Deskripsi	Bobot Isi Tanah	X	Y	BT	LS
1	Hutan (8 – 15)%	0,44	793035	9249463	107°39'04"	6°46'58"
2	Hutan (8 – 15)%	0,56	793066	9249380	107°39'04"	6°47'01"
3	Hutan (8 – 15)%	0,47	793114	9249400	107°39'07"	6°47'00"
4	Hutan (15 – 30)%	0,60	792576	9249679	107°38'49"	6°46'51"
5	Hutan (15 – 30)%	0,56	790190	9250460	107°37'30"	6°46'26"
6	Hutan (15 – 30)%	0,54	789600	9250184	107°37'12"	6°46'35"
7	Hutan (30 – 45)%	0,53	792239	9250285	107°38'38"	6°46'31"
8	Hutan (30 – 45)%	0,54	793061	9250140	107°39'04"	6°46'36"
9	Hutan (30 – 45)%	0,48	793946	9249684	107°39'32"	6°46'51"
10	Hutan Pinus (8 – 15)%	0,51	792901	9249332	107°39'00"	6°47'02"
11	Hutan Pinus (8 – 15)%	0,52	792916	9249012	107°39'00"	6°47'13"
12	Hutan Pinus (8 – 15)%	0,50	792543	9249035	107°38'49"	6°47'12"
13	Hutan Pinus (15 – 30)%	0,47	791866	9249524	107°38'24"	6°46'56"
14	Hutan Pinus (15 – 30)%	0,41	791207	9249768	107°38'02"	6°46'48"
15	Hutan Pinus (15 – 30)%	0,44	790842	9249053	107°37'52"	6°47'12"
16	Hutan Pinus (30 – 45)%	0,43	790277	9248759	107°37'34"	6°47'21"
17	Hutan Pinus (30 – 45)%	0,42	791253	9248538	107°38'06"	6°47'28"
18	Hutan Pinus (30 – 45)%	0,40	791022	9247797	107°37'59"	6°47'52"
19	Tegalan (8 – 15)%	0,61	792966	9247647	107°39'00"	6°47'57"
20	Tegalan (8 – 15)%	0,82	793851	9247993	107°39'29"	6°47'46"
21	Tegalan (8 – 15)%	0,58	795183	9247830	107°40'12"	6°47'51"
22	Tegalan (15 – 30)%	0,75	790724	9244878	107°37'48"	6°49'28"
23	Tegalan (15 – 30)%	0,77	791219	9244285	107°38'06"	6°49'47"
24	Tegalan (15 – 30)%	0,83	791887	9244200	107°38'28"	6°49'49"
25	Tegalan (30 – 45)%	0,85	791253	9247064	107°38'06"	6°48'16"
26	Tegalan (30 – 45)%	0,91	791994	9248338	107°38'31"	6°47'35"
27	Tegalan (30 – 45)%	0,94	794092	9248807	107°39'40"	6°47'19"

Lampiran 10. Data Hasil Pengamatan Porositas Total Tanah

No	Deskripsi	Porositas Tanah	X	Y	BT	LS
1	Hutan (8 – 15)%	83	793035	9249463	107°39'04"	6°46'58"
2	Hutan (8 – 15)%	78	793066	9249380	107°39'04"	6°47'01"
3	Hutan (8 – 15)%	82	793114	9249400	107°39'07"	6°47'00"
4	Hutan (15 – 30)%	77	792576	9249679	107°38'49"	6°46'51"
5	Hutan (15 – 30)%	78	790190	9250460	107°37'30"	6°46'26"
6	Hutan (15 – 30)%	79	789600	9250184	107°37'12"	6°46'35"
7	Hutan (30 – 45)%	79	792239	9250285	107°38'38"	6°46'31"
8	Hutan (30 – 45)%	79	793061	9250140	107°39'04"	6°46'36"
9	Hutan (30 – 45)%	81	793946	9249684	107°39'32"	6°46'51"
10	Hutan Pinus (8 – 15)%	80	792901	9249332	107°39'00"	6°47'02"
11	Hutan Pinus (8 – 15)%	80	792916	9249012	107°39'00"	6°47'13"
12	Hutan Pinus (8 – 15)%	81	792543	9249035	107°38'49"	6°47'12"
13	Hutan Pinus (15 – 30)%	82	791866	9249524	107°38'24"	6°46'56"
14	Hutan Pinus (15 – 30)%	84	791207	9249768	107°38'02"	6°46'48"
15	Hutan Pinus (15 – 30)%	83	790842	9249053	107°37'52"	6°47'12"
16	Hutan Pinus (30 – 45)%	83	790277	9248759	107°37'34"	6°47'21"
17	Hutan Pinus (30 – 45)%	84	791253	9248538	107°38'06"	6°47'28"
18	Hutan Pinus (30 – 45)%	84	791022	9247797	107°37'59"	6°47'52"
19	Tegalan (8 – 15)%	77	792966	9247647	107°39'00"	6°47'57"
20	Tegalan (8 – 15)%	69	793851	9247993	107°39'29"	6°47'46"
21	Tegalan (8 – 15)%	78	795183	9247830	107°40'12"	6°47'51"
22	Tegalan (15 – 30)%	71	790724	9244878	107°37'48"	6°49'28"
23	Tegalan (15 – 30)%	70	791219	9244285	107°38'06"	6°49'47"
24	Tegalan (15 – 30)%	68	791887	9244200	107°38'28"	6°49'49"
25	Tegalan (30 – 45)%	67	791253	9247064	107°38'06"	6°48'16"
26	Tegalan (30 – 45)%	65	791994	9248338	107°38'31"	6°47'35"
27	Tegalan (30 – 45)%	64	794092	9248807	107°39'40"	6°47'19"

Lampiran 11. Data Hasil Pengamatan Kadar Air Tanah

No	Deskripsi	Kadar Air Tanah	X	Y	BT	LS
1	Hutan (8 – 15)%	99	793035	9249463	107°39'04"	6°46'58"
2	Hutan (8 – 15)%	85	793066	9249380	107°39'04"	6°47'01"
3	Hutan (8 – 15)%	98	793114	9249400	107°39'07"	6°47'00"
4	Hutan (15 – 30)%	99	792576	9249679	107°38'49"	6°46'51"
5	Hutan (15 – 30)%	95	790190	9250460	107°37'30"	6°46'26"
6	Hutan (15 – 30)%	99	789600	9250184	107°37'12"	6°46'35"
7	Hutan (30 – 45)%	91	792239	9250285	107°38'38"	6°46'31"
8	Hutan (30 – 45)%	98	793061	9250140	107°39'04"	6°46'36"
9	Hutan (30 – 45)%	89	793946	9249684	107°39'32"	6°46'51"
10	Hutan Pinus (8 – 15)%	83	792901	9249332	107°39'00"	6°47'02"
11	Hutan Pinus (8 – 15)%	99	792916	9249012	107°39'00"	6°47'13"
12	Hutan Pinus (8 – 15)%	95	792543	9249035	107°38'49"	6°47'12"
13	Hutan Pinus (15 – 30)%	99	791866	9249524	107°38'24"	6°46'56"
14	Hutan Pinus (15 – 30)%	97	791207	9249768	107°38'02"	6°46'48"
15	Hutan Pinus (15 – 30)%	99	790842	9249053	107°37'52"	6°47'12"
16	Hutan Pinus (30 – 45)%	82	790277	9248759	107°37'34"	6°47'21"
17	Hutan Pinus (30 – 45)%	84	791253	9248538	107°38'06"	6°47'28"
18	Hutan Pinus (30 – 45)%	89	791022	9247797	107°37'59"	6°47'52"
19	Tegalan (8 – 15)%	66	792966	9247647	107°39'00"	6°47'57"
20	Tegalan (8 – 15)%	57	793851	9247993	107°39'29"	6°47'46"
21	Tegalan (8 – 15)%	67	795183	9247830	107°40'12"	6°47'51"
22	Tegalan (15 – 30)%	46	790724	9244878	107°37'48"	6°49'28"
23	Tegalan (15 – 30)%	46	791219	9244285	107°38'06"	6°49'47"
24	Tegalan (15 – 30)%	45	791887	9244200	107°38'28"	6°49'49"
25	Tegalan (30 – 45)%	48	791253	9247064	107°38'06"	6°48'16"
26	Tegalan (30 – 45)%	40	791994	9248338	107°38'31"	6°47'35"
27	Tegalan (30 – 45)%	34	794092	9248807	107°39'40"	6°47'19"