

**KAJIAN TINGKAT EROSI PADA LAHAN TANAMAN SEMUSIM DENGAN
BERBAGAI PENGOLAHAN KONSERVASI DIUKUR MENGGUNAKAN
METODE PENGUKURAN PLOT EROSI DAN PERSAMAAN USLE
DI SUB-DAS BRANTAS HULU**

Oleh:

ANDRIAN FAISAL YHUDISTIRA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2018

**KAJIAN TINGKAT EROSI PADA LAHAN TANAMAN SEMUSIM DENGAN
BERBAGAI PENGOLAHAN KONSERVASI DIUKUR MENGGUNAKAN
METODE PENGUKURAN PLOT EROSI DAN PERSAMAAN USLE
DI SUB-DAS BRANTAS HULU**

Oleh:

**ANDRIAN FAISAL YHUDISTIRA
135040200111214**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian Strata Satu (S-1)**

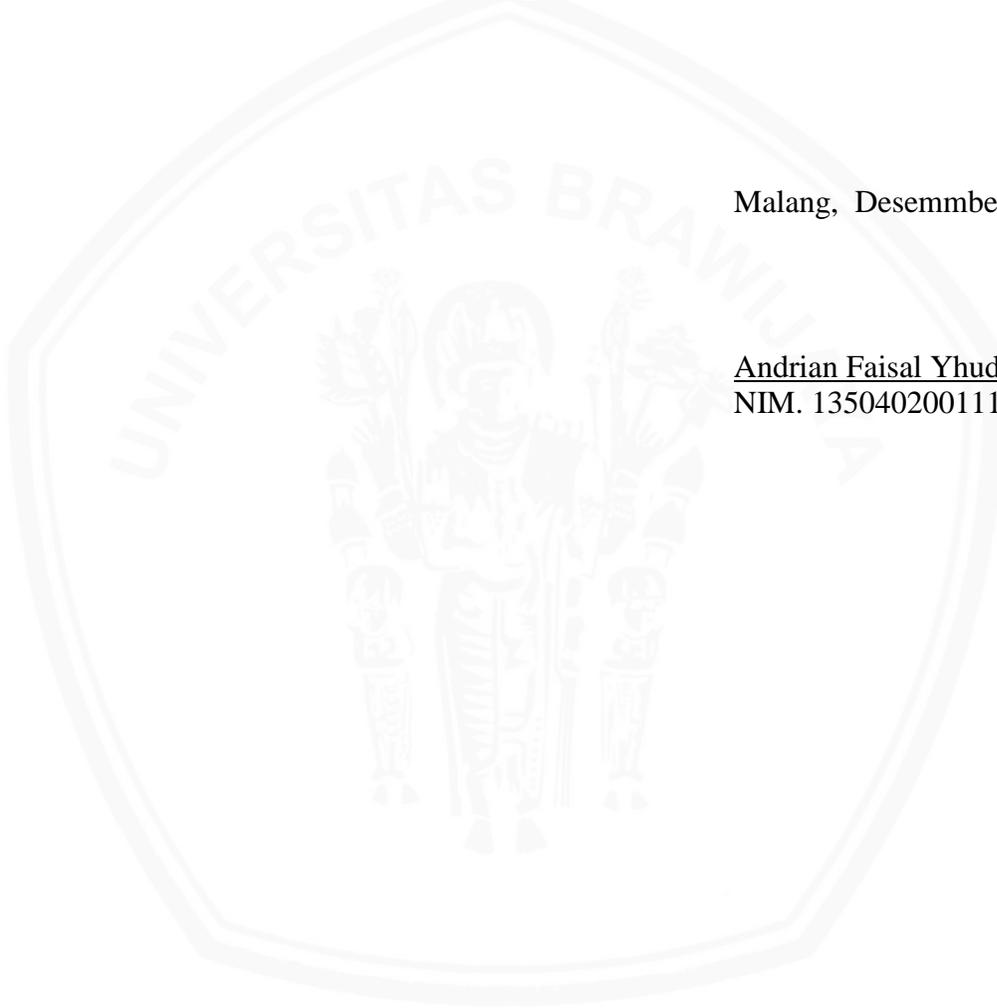
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2018**

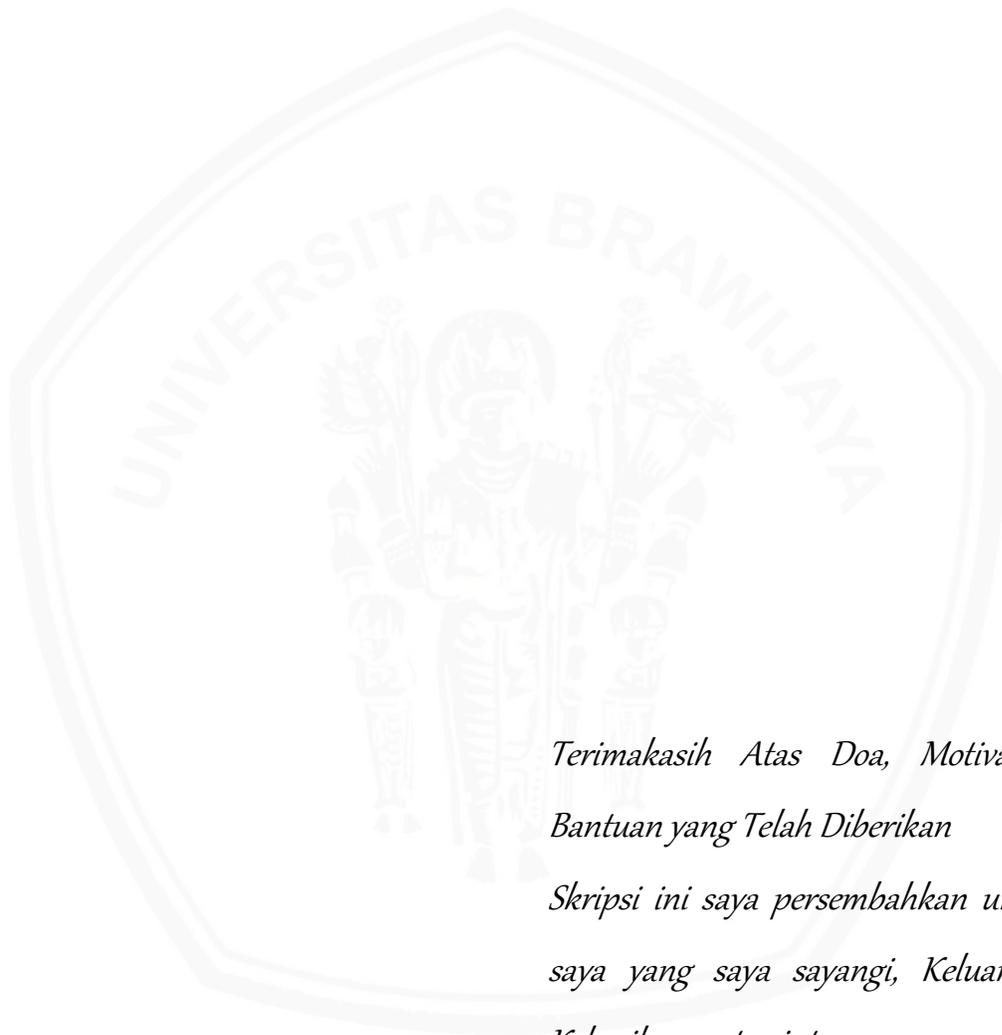
PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Desember 2018

Andrian Faisal Yhudistira
NIM. 135040200111214





*Terimakasih Atas Doa, Motivasi, dan
Bantuan yang Telah Diberikan
Skripsi ini saya persembahkan untuk Ibu
saya yang saya sayangi, Keluarga, dan
Kekasih yang tercinta*

RINGKASAN

ANDRIAN FAISAL YHUDISTIRA. 135040200111214. Kajian Tingkat Erosi pada Lahan Tanaman Semusim dengan Berbagai Pengolahan Konservasi Menggunakan Metode Pengukuran Plot Erosi dan Persamaan USLE di Sub-DAS Brantas Hulu. Dibawah bimbingan Zaenal Kusuma Sebagai Pembimbing Utama dan Istika Nita Sebagai Pembimbing Pendamping.

Terjadinya alihguna lahan pada kawasan sub-DAS Brantas hulu yang awalnya hutan diubah menjadi lahan pertanian, dan pemukiman menimbulkan kekhawatiran akan peningkatan erosi lahan. Citra satelit terbaru menunjukkan 16.338 ha hutan mengalami kerusakan berat, dan 72.894 ha hutan mengalami kerusakan sedang akibat alih guna lahan. Sebagaimana kita ketahui bahwa lahan pertanian memiliki tingkat erosi yang tinggi, salah satu faktor yang mempengaruhi nilai erosi lahan pertanian adalah vegetasi dan penerapan teknik konservasi lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari perbandingan nilai erosi lahan pertanian dengan vegetasi sawi dan kentang dengan berbagai penerapan teknik konservasi yang terdapat di sub-DAS Brantas Hulu. Metode pengukuran erosi lahan yang digunakan adalah metode USLE dan metode pengukuran plot erosi. Penggunaan dua metode pengukuran bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran erosi diantara kedua metode tersebut.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Agustus 2017. Penelitian dilakukan pada 6 plot yang secara administrasi berada di Dusun Kekep dan Dusun Tulungrejo, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Spesifikasi plot pengamatan diantaranya adalah plot 1 hutan lindung, plot 2 kebun apel, plot 3 vegetasi sawi dengan teknik konservasi gulud searah kontur, plot 4 sawi teras bangku, plot 5 kentang gulud searah lereng dan plot 6 sawi gulud searah lereng. Pengukuran erosi pada masing-masing plot menggunakan metode pengukuran plot erosi dan metode pendugaan USLE. Variabel penelitian meliputi pengamatan volume limpasan dan erosi, CH, pengamatan tanah, dan kelerengan. Hasil pengukuran erosi menggunakan kedua metode tersebut kemudian dibandingkan hasilnya dengan menggunakan metode analisa data uji T berpasangan.

Pengamatan erosi menggunakan kedua metode menunjukkan hasil bahwa plot 3 memiliki nilai erosi tertinggi dan plot 6 memiliki nilai erosi terendah. Hasil penelitian menggunakan metode USLE pada plot 3 tercatat nilai erosi total mencapai $436,07 \text{ ton.ha}^{-1}$, sedangkan plot 6 menghasilkan erosi sebesar $251,39 \text{ ton.ha}^{-1}$. Pengujian menggunakan uji T berpasangan menghasilkan P value sebesar 0,016 yang artinya hasil uji T berpasangan terhadap nilai erosi yang didapatkan dari hasil pengukuran erosi menggunakan plot erosi dan metode USLE memiliki hasil pengukuran yang berbeda nyata. Hasil analisa data menggunakan uji T berpasangan terbukti dengan adanya perbedaan hasil pengukuran erosi yang cukup jauh antara pengukuran erosi menggunakan plot erosi dan USLE.

SUMMARY

ANDRIAN FAISAL YHUDISTIRA. 135040200111214. Study of Erosion Levels in Seasonal Crops with Various Conservation Treatments Using Erosion Plot Measurement Methods and USLE Equations in the Upper Brantas Sub-watershed. Under the Supervision of Zaenal Kusuma as the Main Advisor and Istika Nita as Co-Advisor.

The occurrence of land use in the upstream Brantas sub-watershed area which was initially converted into agricultural land, and settlements raises concerns about increased land erosion. The latest satellite imagery shows that 16,338 hectares of the forest was severely damaged, and 72,894 hectares of forest experienced moderate damage due to land use change. As we know that agricultural land has a high level of erosion, one of the factors that influence the erosion value of agricultural land is vegetation and the application of land conservation techniques. This study aims to compare the erosion value of agricultural land with mustard and potato vegetation with various applications of conservation techniques found in the Upper Brantas watershed. The method of measuring land erosion used is the USLE method and the method of measuring erosion plots. The use of two measurement methods aims to compare the results of erosion measurements between the two methods.

The study was conducted from January to August 2017. The study was conducted on 6 plots that were administratively located in Kekep Hamlet and Tulungrejo Hamlet, Tulungrejo Village, Bumiaji District, Batu City. Specifications of observation plots include plots 1 is protected forest, the plot 2 is apple orchards, plot 3 is mustard vegetation in the direction of contour conservation techniques, plots of 4 mustard terrace benches, plot 5 is a potato in the direction of slope and plot 6 is mustard in the direction of the slope. Erosion measurements in each plot used the erosion plot measurement method and the USLE estimation method. Research variables included observations of runoff and erosion volume, *CH*, soil observation, and slope. The results of erosion measurements using the two methods were then compared with the results using the paired T-test data analysis method.

Erosion observation using both methods shows that plot 3 has the highest erosion value and plot 6 has the lowest erosion value. The results of the study using the USLE method in plot 3 recorded total erosion values reaching 436.07 ton.ha-1, while plot 6 produced erosion of 251.39 ton.ha-1. Tests using paired T-test produce a P value of 0.016 which means that the results of paired T-tests on erosion values obtained from the results of erosion measurements using erosion plots and the USLE method have significantly different measurement results. The results of data analysis using paired T-tests are proven by the differences in the results of erosion measurements that are quite far between erosion measurements using erosion and USLE plots.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis berkesempatan untuk menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “ **Kajian Tingkat Erosi pada Lahan Tanaman Semusim dengan Berbagai Pengolahan Konservasi Menggunakan Metode Pengukuran Plot Erosi dan Persamaan USLE di Sub-DAS Brantas Hulu**”. terselesaikannya Skripsi ini tidak terlepas atas dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Berkenaan dengan terselesaikannya Skripsi ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU selaku pembimbing pertama dan Istika Nita, SP, MP. selaku pembimbing kedua yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini
2. Ibu Suci Rahayu, Ayah Hasan Ashari, beserta seluruh Keluarga terima kasih atas dukungan dan doa yang diberikan, yang terkasih Vina Aresya Noeraini terima kasih atas dukungan serta semangat yang telah diberikan selama pengerjaan skripsi yang dilakukan penulis.
3. Tim penelitian erosi Sub-DAS Brantas Hulu, saudara Rizkyana Noerishynta, SP, Haris, Pradiktya Bagaskara, Intan Anggraini W. atas bantuan dan kerjasama selama penelitian.
4. Rekan – rekan mahasiswa jurusan ilmu tanah angkatan 2013 “soi13r”, dan teman – teman Program Studi Agroekoteknologi angkatan 2013 yang telah memberikan dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan.
5. PERUM JASA TIRTA 1 Malang, PERHUTANI KPH Malang, Mandor dan Mantri RPH Puntan yang telah membantu dalam kelancaran pengamatan yang dilakukan di lapangan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang konservasi lahan.

Malang, Desember 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada tanggal 10 Juli 1996 di Kabupaten Tulungagung. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Hasan Ashari dan Ibu Suci Rahayu. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri II Pelem pada tahun 2001 hingga tahun 2007. Setelah itu dilanjutkan dengan menempuh pendidikan di SMP Negeri 3 Tulungagung pada tahun 2007 hingga 2010, kemudian setelah lulus dari SMP Negeri 3 Tulungagung dilanjutkan menempuh pendidikan di SMA Negeri 1 Campurdarat, Tulungagung, dan dinyatakan lulus SMA pada tahun 2013.

Setelah dinyatakan lulus dari sekolah menengah atas, melalui jalur SBMPTN penulis dinyatakan diterima untuk melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Brawijaya Malang dan masuk di program studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian. Pada semester V penulis mengambil minat Manajemen Sumberdaya Lahan di jurusan Tanah. Saat menempuh studi di jurusan tanah penulis sempat mengikuti beberapa kepanitiaan diantaranya GATRAKSI – Galang Mitra dan Kenal Profesi HMIT FP UB (2016-2017 dan 2017-2018) dan Olimpiade Ilmu Tanah (2016). Pada tahun 2016 penulis berkesempatan untuk melakukan magang kerja di PERHUTANI wilayah kerja RPH Punten, Kota Batu. Pada 2017 penulis juga ikut serta dalam program penelitian tingkat erosi di DAS Brantas yang bekerja sama dengan Perum Jasa Tirta.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	ii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Alur Pikir.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Erosi.....	6
2.2 Faktor yang Mempengaruhi Erosi	8
2.3 Tanaman Hortikultura	14
2.4 Teknik Konservasi lahan	16
2.5 Metode Pengukuran Erosi Secara Langsung.....	17
2.5 Metode Persamaan USLE	18
III. METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Pengamatan Lapangan.....	21
3.2.2 Analisa Laboratorium.....	22
3.3 Pelaksanaan Penelitian	23
3.3.1 Tahapan Penelitian	23
3.3.2 Analisa Data	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Karakterisasi Lokasi Pengamatan	33
4.2 Hasil Pengukuran Erosi	36
4.2.1 Hasil Pengukuran Erosi Menggunakan Metode Plot Erosi.....	36
4.2.2 Hasil Pengukuran Erosi Menggunakan Metode USLE.....	37
4.3 Perbandingan Metode Plot Erosi dan Metode Pendugaan USLE	48
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Pengaruh Tanaman Terhadap Erosi dan Limpasan Permukaan	13
2.	Alat Pengambilan Data di Lapang.....	21
3.	Bahan Pengambilan Data di Lapang	22
4.	Alat Analisa Laboratorium.....	22
5.	Bahan Analisa Laboratorium.....	23
6.	Kriteria Plot Pengamatan.....	24
7.	Kegiatan Analisa Laboratorium	29
8.	Spesifikasi Plot Pengamatan	33
9.	Hasil Perhitungan Erosi Menggunakan Metode Plot Erosi.....	36
10.	Hasil Pengukuran Curah Hujan Bulanan	38
11.	Hasil Pengukuran Faktor Erosivitas.....	39
12.	Data Analisa Tanah dan Erodibilitas Tanah	40
13.	Hasil Pengukuran Faktor Kelerengan	44
14.	Hasil Pengamatan Faktor Vegetasi	46
15.	Hasil Pengukuran Erosi Metode USLE	47
16.	Perbandingan Hasil Pengukuran Erosi Metode Plot dan USLE	48

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian.....	5
2.	Sketsa Bangunan Penampung Endapan Limpasan Permukaan.....	25
3.	Ombrometer Sederhana.....	26
4.	Ilustrasi Pengambilan Sampel Tanah.....	28
5.	Lahan Pengamatan Plot Erosi.....	34



DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
1.	Penilaian Struktur Tanah.....	57
2.	Kode Permeabilitas Profil Tanah	57
3.	Nomograph Faktor LS	57
4.	Perkiraan Nilai Faktor CP Berbagai Jenis Penggunaan Lahan	58
5.	Nilai Faktor P pada Berbagai Aktivitas Konservasi Tanah	58
6.	Faktor P untuk Pertanaman Menurut Kontur dan Tanaman dalam Teras.	59
7.	Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi	59
8.	Metode Analisis Tekstur	59
9.	Metode Analisis Permeabilitas.....	61
10.	Metode Analisis Bahan Organik	61
11.	Log Book Penggunaan Lahan Tanaman Semusim	63
12.	Hasil Uji T Berpasangan	64
13.	Peta Administrasi Kota Batu dan Lokasi Pengamatan.....	65
14.	Peta Penggunaan Lahan dan Lokasi Pengamatan	66
15.	Peta Ketinggian dan Lokasi Pengamatan.....	67



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

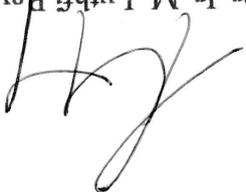
Penguji I

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 195405011981031006



Penguji II

Prof. Dr. Ir. M. Luthfi Hayes, M.Sc.
NIP. 195405051980031008



Penguji III

Istika Nita, SP. MP.
NIK. 2016098911182001



Penguji IV

Christanti Agustina, SP. MP.
NIK. 2017098208262001



Tanggal Lulus : 28 DEC 2018

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : "Kajian Tingkat Erosi pada Lahan Tanaman Semusim dengan Berbagai Pengolahan Konservasi Dikur Menggunakan Metode Pengukuran Plot Erosi dan Persamaan USLE di Sub-DAS Brantas Hulu"
Nama Mahasiswa : Andrian Faisal Yhudistira
NIM : 135040200111214
Materi : Manajemen Sumberdaya Lahan
Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 195405011981031006

Istika Nita, SP., MP.
NIK. 2016098911182001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Tanah



Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 195405011981031006

Tanggal Persetujuan 16 NOV 2018

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kawasan hulu daerah aliran sungai memiliki karakteristik topografi berupa dataran tinggi atau pegunungan yang didominasi oleh lahan yang memiliki tingkat kelerengan sedang hingga curam. Kawasan hulu daerah aliran sungai idealnya difungsikan sebagai daerah konservasi dengan *landuse* berupa hutan alami, hutan lindung ataupun hutan produksi guna menjaga fungsi DAS tetap terjaga sebagaimana mestinya. Pada kenyataannya dalam upaya menjaga kelestarian fungsi DAS hal ini tidak sejalan dengan kebutuhan warga akan lahan untuk pertanian dan pemukiman, akibatnya terjadilah alih guna lahan. Lahan yang semestinya berperan sebagai area konservasi berupa kawasan hutan diubah menjadi lahan pertanian. Perbandingan citra satelit kawasan Kota Batu yang diambil pada tahun 1991, 2001 dan 2005 menunjukkan adanya pengurangan tutupan lahan sebagai hutan alam dan hutan tanaman (produksi) dan meningkatnya luas penggunaan lahan untuk perkebunan, tegal, semak belukar dan pemukiman. Alihguna lahan hutan menjadi tegalan yang kemudian digunakan untuk budidaya tanaman hortikultura sangat berpotensi mengalami kerusakan akibat erosi (Studi Detil Konservasi Sub DAS Sumber Brantas, 2006).

Kawasan hulu sungai Brantas kini merupakan salah satu sentra tanaman hortikultura dengan komoditas utama kentang, wortel, kubis, kol, dan daun bawang (Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu, 2012). Berbagai jenis tanaman hortikultura ini ditanam pada lereng-lereng dengan kemiringan yang beragam dan dengan pengolahan lahan yang beragam tergantung dengan kebutuhan tanaman yang sedang dibudidayakan agar mendapatkan hasil budidaya yang optimal. Pada praktik budidaya tanaman kentang misalnya, tanaman kentang membutuhkan kondisi lahan yang tidak tergenang, oleh karena itu petani akan mengolah lahan sedemikianrupa sehingga tidak ada hambatan pada lahan agar tidak terjadi genangan pada lahan budidaya. Minimnya hambatan pada lahan tentunya akan memperbesar limpasan permukaan saat terjadi hujan.

Pemanfaatan lahan pada lereng sebagai lahan budidaya tanaman semusim akan menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lahan apabila pengolahan yang dilakukan tidak tepat terutama jika hanya mengutamakan produktifitas lahan

tanpa memikirkan dampak yang ditimbulkan dari proses budidaya yang dilakukan. Salah satu dampak yang ditimbulkan dari proses budidaya ini adalah erosi. Erosi adalah peristiwa berpindah atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain yang berlangsung secara alamiah ataupun akibat tindakan. Di daerah tropis basah seperti Indonesia, erosi adalah salah satu faktor yang cukup dominan dalam menurunkan produktivitas lahan. Erosi sangat menentukan berhasil tidaknya suatu pengelolaan lahan, oleh karena itu erosi merupakan faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan penggunaan lahan dan pengelolaannya. Pengukuran erosi lahan yang dilakukan oleh BPDAS Brantas pada tahun 2010, diketahui bahwa erosi yang terjadi pada kawasan hulu DAS Brantas rata-rata adalah $66,24 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ setiap tahunnya (BPDAS Brantas 2014), dari hasil pengukuran erosi yang dilakukan oleh BPDAS Brantas di kawasan hulu DAS Brantas ini dapat diketahui bahwa erosi yang terjadi di kawasan hulu DAS Brantas termasuk dalam kelas erosi yang sangat berat.

Pengolahan lahan dengan cara menerapkan teknik konservasi dengan pembuatan teras dan gulud merupakan teknik konservasi tanah secara mekanis dan bisa digunakan apabila teknik vegetatif dirasa sudah tidak efektif lagi untuk menanggulangi masalah erosi (Agus dan Widiyanto, 2004). Kemudian untuk mengetahui tingkat erosi yang terjadi pada suatu lahan dikembangkan metode pengukuran erosi. Terdapat beberapa metode pengukuran erosi, untuk mendapatkan nilai erosi yang terjadi pada lahan secara akurat dapat diterapkan metode pengukuran erosi secara langsung menggunakan plot erosi. Metode pengukuran plot erosi adalah pengamatan erosi di lapangan dengan menggunakan sistem petak (plot) dengan ukuran, kemiringan, panjang lereng, dan jenis tanah tertentu (diketahui), aliran air dan sedimen yang keluar petak ditampung dan diamati (Arsyad, 1989). Kelemahan metode pengukuran ini adalah besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk melaksanakan pengukuran pada setiap hari hujan yang terjadi. Pada perkembangannya untuk mempermudah penghitungan nilai erosi lahan dikembangkanlah metode pengukuran erosi USLE. Metode USLE relatif lebih terjangkau dalam hal biaya apabila dibandingkan dengan pengukuran erosi secara langsung karena bisa dilakukan dengan menggunakan data sekunder dan plot erosi sederhana. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan tingkat erosi

yang terjadi di Sub-DAS Brantas hulu pada lahan yang menggunakan teknik pengolahan lahan dengan gulud dan teras bangku dengan tutupan lahan berupa tanaman semusim, kemudian diukur menggunakan metode pengukuran plot erosi dan persamaan USLE. Dilakukannya perbandingan pengukuran erosi antara metode pengukuran plot erosi dan persamaan USLE ini diharapkan memberikan gambaran deviasi antara kedua metode pengukuran erosi ini sekaligus mengkaji apakah persamaan USLE layak digunakan sebagai acuan ukur tingkat erosi yang terjadi pada suatu lahan sehingga dikemudian hari perencanaan kegiatan konservasi lahan bisa menggunakan metode yang tepat dan terbaik sehingga menghasilkan pengukuran yang lebih efisien, terjangkau, dan akurat sehingga perencanaan tindakan konservasi lahan pertanian yang dibuat bisa tepat sasaran.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat erosi pada tutupan lahan tanaman semusim dengan berbagai teknik konservasi lahan?
2. Bagaimana mekanisme teknik konservasi lahan dan jenis tutupan lahan dapat mempengaruhi nilai erosi pada lahan?
3. Teknik konservasi lahan apa yang tepat untuk lahan dalam rangka menurunkan tingkat erosi lahan?
4. Apakah pengukuran erosi menggunakan persamaan USLE memiliki hasil pengukuran yang sama baiknya dengan metode pengukuran erosi secara langsung menggunakan plot erosi?

1.3. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan tingkat erosi pada tutupan lahan tanaman semusim dengan berbagai teknik konservasi lahan
2. Mengetahui teknik pengolahan lahan apa yang mampu menurunkan tingkat erosi lahan
3. Mengkaji perbandingan hasil pengukuran tingkat erosi menggunakan metode pengukuran plot erosi dan persamaan USLE

1.4. Manfaat

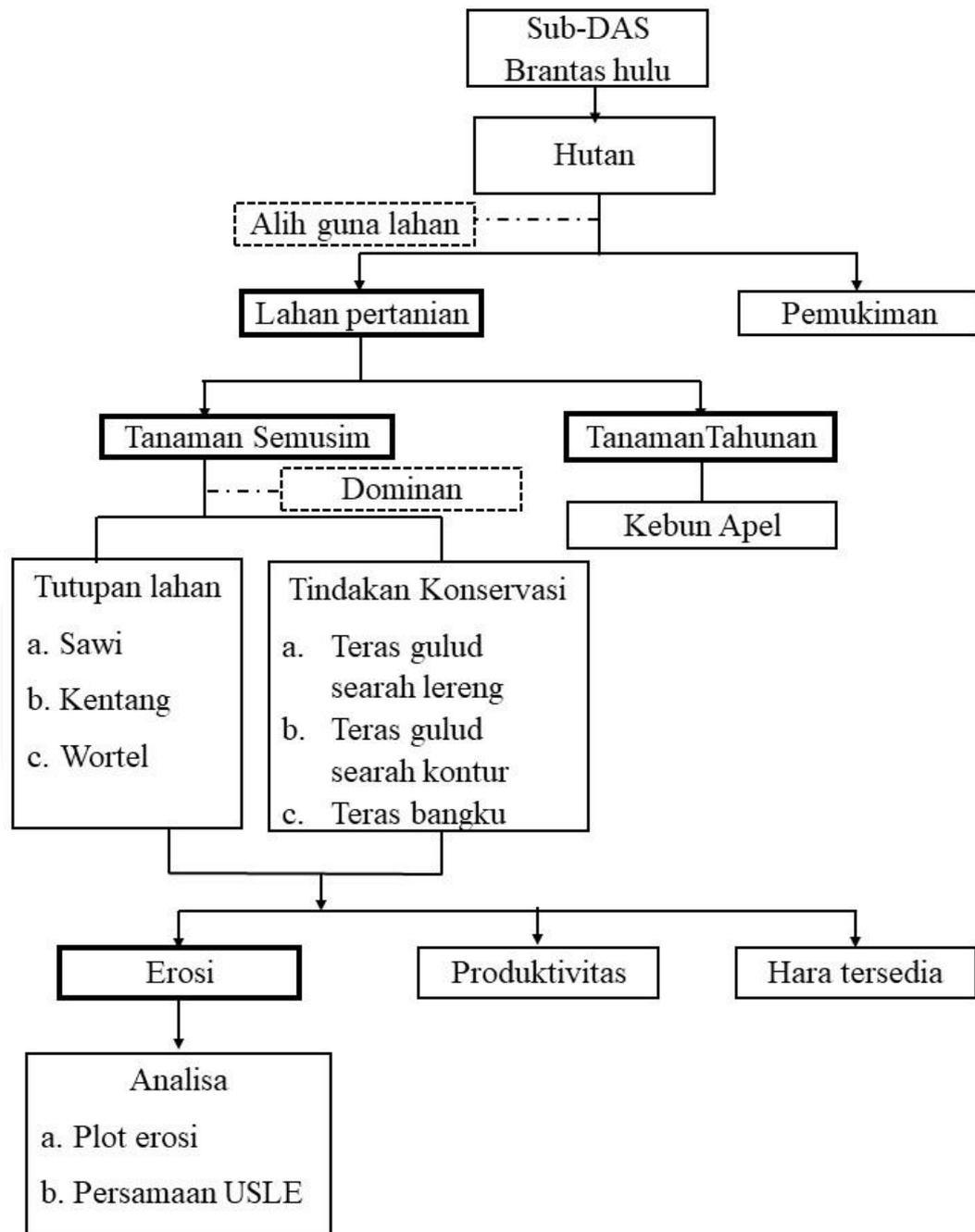
Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran nilai besaran erosi pada lahan dengan teknik konservasi berupa gulud searah lereng, gulud searah kontur dan teras teras bangku sehingga dapat memberikan gambaran pengolahan lahan dan vegetasi apa yang baik untuk menekan tingkat erosi. Diketahuinya teknik konservasi yang paling sedikit menimbulkan erosi, diharapkan dapat digunakan sebagai acuan pengolahan lahan untuk tanaman sayur yang baik dan minim tingkat erosi. Kemudian dengan penggunaan metode yang berbeda diharapkan dapat memberi gambaran apakah metode persamaan USLE memiliki tingkat keakuratan yang sama baiknya dengan metode pengukuran erosi langsung.

1.5. Hipotesis

1. Plot dengan tutupan lahan tanaman sawi dengan tindakan konservasi gulud searah lereng memiliki tingkat erosi yang paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.
2. Plot dengan tutupan lahan tanaman sawi dengan tindakan konservasi teras bangku memiliki tingkat erosi yang paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya.
3. Pengukuran erosi dengan metode pengukuran plot erosi memiliki tingkat akurasi terbaik dan metode USLE mendekati keakuratan metode tersebut.

1.6. Alur Pikir Penelitian

Alur pikir dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alur Pikir Penelitian

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Agustus 2017. Lokasi penelitian ini terletak pada kawasan DAS Brantas Hulu yang secara administratif berada di Dusun Kekep dan Dusun Tulungrejo, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Sebaran masing-masing plot penelitian ini diantaranya Plot 1, 2, 3, 4 terdapat di kawasan Dusun Kekep, Plot 5 dan Plot 6 terdapat pada Dusun Tulungrejo (peta lokasi penelitian secara administratif terlampir pada Lampiran 13). Kegiatan analisa laboratorium dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah dan Fisika Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Pengamatan Lapangan

Kegiatan pengamatan lapangan bertujuan untuk pengambilan data yang berada di lapangan dalam penelitian ini berkaitan dengan pengamatan alat pengukuran erosi, serta pengambilan sampel tanah untuk kemudian dilakukan analisa di laboratorium. Berikut alat dan bahan yang diperlukan:

Tabel 2. Alat Pengambilan Data di Lapangan

Alat	Fungsi
Alat tulis	mencatat hasil pengamatan
Kertas Label	pemberian label untuk sampel tanah
Ring sampel	untuk mengambil sampel tanah utuh
Cangkul, palu dan pisau	untuk mengambil sampel tanah terganggu
Kantong plastik	wadah sampel tanah
Meteran 50 m	untuk mengukur luas area plot penelitian
Meteran jahit	untuk mengukur ketinggian air pada alat
Botol plastik dan corong	sebagai penampung air hujan (ombrometer)
Bangunan penampung endapan	sebagai penampung endapan dan air terlimpas
Gelas ukur 1000 ml	alat untuk mengambil sampel endapan dan air
Gelas ukur 50 ml	alat untuk mengukur jumlah air hujan yang masuk dalam ombrometer
Klinometer	untuk mengukur kelerengan lahan
Kertas saring	untuk memisahkan antara partikel tanah dan air
Kamera	alat dokumentasi

Tabel 3. Bahan Pengambilan Data Lapangan

Bahan	Fungsi
Sampel tanah	Untuk analisis tekstur, struktur, permeabilitas, bahan organik
Sampel air dan endapan	Sebagai sampel tanah yang tererosi pada lahan

3.2.2. Analisa Laboratorium

Data yang diperoleh dari lapang akan diproses lebih lanjut dengan analisa laboratorium. Pengamatan laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan dari sampel yang didapatkan dari lapang. Berikut adalah alat yang digunakan untuk menunjang pelaksanaan analisa labolatorium yang disajikan dalam Tabel 4:

Tabel 4. Alat Analisa Laboratorium

Alat	Fungsi
Alat tulis	mencatat hasil pengamatan
Kertas label	pemberian label untuk sampel tanah
Kertas saring	untuk memisahkan antara partikel tanah dan air
Oven	mengeringkan sampel
Timbangan	Mengetahui berat sampel
Labu ukur 1 L	Untuk membuat campuran larutan dan padatan sampel tanah
<i>Stopwatch</i>	Timer pengamatan
Botol semprot	Menyemprotkan air ke bahan
Gelas ukur	Mengukur volume bahan cairan
<i>Mortar dan pestle</i>	U ntuk menghaluskan sampel padatan
<i>Buret</i>	Untuk titrasi C-organik
Jangka sorong	Mengukur diameter
Ayakan	Mengayak sampel tanah
Corong	Alat bantu memasukkan sampel ke wadah pengamatan
Cawan almunium	Untuk wadah padatan saat dioven
Kamera	alat dokumentasi

Dibutuhkan bahan analisa yang diambil dari plot pengamatan serta bahan lain yang digunakan untuk mengetahui data guna menunjang penelitian. Berikut adalah bahan analisa labolatorium yang dibutuhkan, yang disajikan pada Tabel 5:

Tabel 5. Bahan Analisa Laboratorium

Bahan	Fungsi	Keterangan
Sampel tanah	Sebagai spesimen analisa tanah	Analisa tekstur, struktur, permeabilitas, bahan organik
Sampel endapan yang telah disaring Aquades	sebagai sampel tanah yang tererosi pada lahan Pelarut bahan padatan	Analisa berat kering sampel tanah tererosi
H ₂ O ₂ (Hidrogen peroksida 30%)	Oksidator bahan organik	Analisa tekstur tanah
HCl	Melarutkan garam yang ada dalam spesimen	Analisa tekstur tanah
H ₃ PO ₄ (85%)	Menghilangkan gangguan yang timbul akibat adanya ion Ferro (Fe)	Analisa C-Organik
Difelinilamin	Untuk petunjuk titik akhir titrasi	Analisa C-Organik
K ₂ Cr ₂ O ₇	Untuk mengikat rantai C	Analisa C-Organik

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode survei dengan cara melakukan pengamatan langsung di lapang dengan menentukan titik pengamatan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya, teknik pengambilan sampel berikut disebut dengan *purposive sampling*. Berikut merupakan tahapan pelaksanaan penelitian:

3.3.1. Tahapan Penelitian

3.3.1.1. Persiapan

Penelitian ini menggunakan metode pengukuran erosi yang disebut dengan metode plot erosi. Sebelum dilakukan penelitian, persiapan lahan perlu dilakukan guna memastikan ketepatan pengambilan data penelitian. Kegiatan persiapan yang pertama dilakukan adalah penentuan lokasi pemasangan alat. Kegiatan ini meliputi mencari dan menentukan lahan yang sesuai dengan kriteria dan parameter yang diinginkan sebagai tempat pengambilan data yang tepat, oleh karena itu dibutuhkan peta penggunaan lahan agar penetapan lokasi penelitian tepat sesuai dengan kriteria penelitian (peta penggunaan lahan dan titik penelitian terlampir dalam Lampiran 14). Penelitian ini dilakukan di 6 plot yang tersebar di kawasan DAS Brantas Hulu,

tepatnya di Kekep dan Tulungrejo dengan rincian kriteria plot pengamatan sebagai berikut:

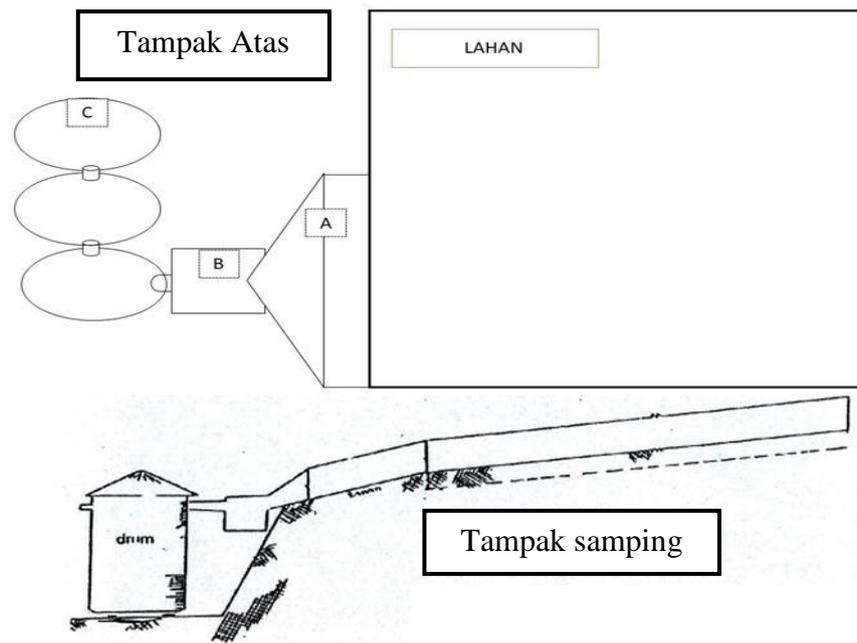
Tabel 6. Kriteria Plot Penamatan

Plot	Perlakuan		Lokasi
	Vegetasi	Tindakan Konservasi	
1	Hutan Lindung	-	Dusun Kekep
2	Kebun Apel	-	
3	Sawi	Gulud searah kontur	
4	Sawi	Teras	Dusun Tulungrejo
5	Kentang	Gulud searah lereng	
6	Sawi	Gulud searah lereng	

Pemilihan komoditi berupa tanaman sawi, tanaman kentang dan tanaman apel berdasarkan perbedaan perakaran, tajuk dan sistem tanam yang digunakan dalam budidaya tanaman yang digunakan oleh petani. Tanaman sawi dianggap memiliki cengkaman akar yang lebih dangkal namun memiliki tajuk yang lebih luas dibandingkan dengan tanaman kentang. Tanaman kentang memiliki perakaran yang lebih dalam dibandingkan dengan tanaman sawi, selain itu tanaman kentang juga menghasilkan umbi yang tentunya akan memberikan pengaruh terhadap tingkat erosi lahan. Kemudian pengamatan tanaman apel untuk mewakili dampak budidaya tanaman tahunan terhadap erosi yang dihasilkan.

Pemilihan teknik pengolahan lahan berupa teras bangku, teras gulud searah lereng, dan teras gulud searah kontur dikarenakan di kawasan Kota Batu teknik pengelolaan ini adalah yang paling umum digunakan, oleh karena itu penulis menilai pengelolaan lahan ini layak untuk dibandingkan tingkat erosinya. Kemudian dilakukan pengambilan data pada lahan hutan dengan maksud sebagai kontrol dari perlakuan yang ada diatas karena hutan dianggap memiliki tingkat erosi paling rendah yang merupakan *landuse* awal sebelum dilakukan alihguna lahan menjadi lahan pertanian.

Pelaksanaan persiapan dilanjutkan dengan mediasi kepada petani guna mendapatkan izin terkait pemasangan alat dan pelaksanaan pengamatan selama penelitian dilangsungkan. Alat yang dipasang pada penelitian ini antara lain bangunan penampung endapan limpasan permukaan dan ombrometer sederhana. Berikut gambaran sederhana bangunan penampung endapan limpasan permukaan dan ombrometer sederhana:



Keterangan:

A. Saluran Pengumpul

B. Apron

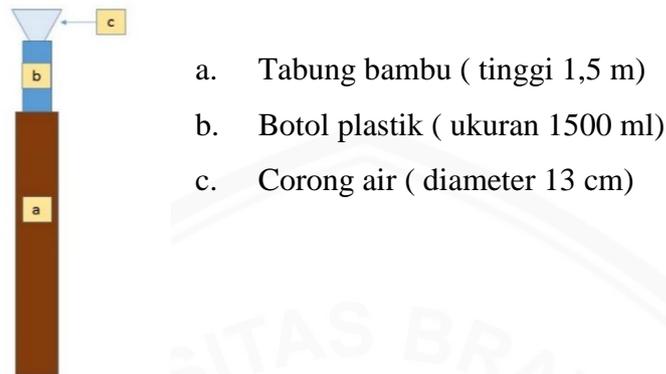
C. Drum Penampung Endapan

Gambar 2. Bangunan penampung endapan limpasan permukaan, sumber laporan akhir kajian laju erosi daerah aliran sungai Brantas hulu (2017).

Alat penampung limpasan permukaan memiliki fungsi sebagai penampung limpasan permukaan yang terjadi pada luasan lahan tertentu saat terjadi hujan. Lahan yang diamati diolah sedemikian rupa hingga menjadikannya hanya memiliki satu jalur keluar air dan pada jalur keluar itulah dipasang alat penampung limpasan. Limpasan yang mengalir ini diarahkan menuju kedalam alat penampung oleh alat pengarah aliran limpasan agar air dan partikel tanah yang terlimpas tidak ada yang keluar secara sembarangan sehingga tidak terukur oleh alat. Kemudian limpasan akan masuk pada rangkaian alat yang pertama yang bernama “Apron”. Apron memiliki spesifikasi berbentuk kubus dengan luasan $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$. Ketika lahan yang diukur memiliki tingkat limpasan yang besar, air yang terlimpas mengisi apron hingga penuh maka limpasan akan mengalir kedalam drum yang disediakan sebagai alat penampung lanjutan. Terdapat 3 drum yang disediakan untuk menampung limpasan, jadi apabila terjadi hujan ekstrim sehingga menghasilkan limpasan yang banyak maka limpasan akan ditampung pada drum 1 hingga drum 3. Sebagai tambahan diatas apron dan masing–masing drum di beri penutup berupa

plastik. Hal ini dilakukan untuk mencegah air hujan masuk kedalam penampung limpasan.

Pengambilan data untuk mendapatkan faktor erosivitas yang mempengaruhi tingkat erosi yang terjadi pada plot erosi digunakan alat ukur penampung hujan sederhana. Berikut sketsa alat yang digunakan :



Gambar 3. Ombrometer Sederhana.

Ombrometer sederhana ini digunakan untuk mendapatkan data curah hujan yang terjadi pada masing masing plot. Data curah hujan yang didapatkan dari data pengukuran ombrometer ini kemudian akan digunakan untuk pengukuran indeks erosivitas pada lahan pengamatan. Ombrometer ini memiliki tiga bagian, bagian pertama berupa tabung bambu yang berfungsi sebagai penyangga. Kemudian ada botol plastik air mineral yang telah dimodifikasi sehingga bisa dimanfaatkan sebagai penampung air hujan. Bagian terakhir adalah corong air yang ditempatkan pada ujung penampung air hujan. Corong ini berfungsi sebagai pengarah air hujan agar masuk kedalam penampung.

3.3.1.2. Pengamatan Lapang

a. Pengamatan Bangunan Penampung Limpasan Permukaan

Pengamatan bangunan penampung limpasan permukaan dilakukan setiap pagi hari terutama setelah hari hujan. Kegiatan pertama yang dilakukan adalah melakukan pengukuran ketinggian permukaan limpasan erosi pada masing–masing sub-alat penampung limpasan permukaan. Pengukuran ketinggian limpasan yang telah tertampung pada setiap alat penampung dilakukan sebanyak 5 ulangan yaitu 4 pengukuran pada setiap sudut alat dan 1 pengukuran pada bagian tengah alat. Kegiatan pengukuran ketinggian limpasan yang telah tertampung pada alat dilakukan untuk mengetahui volume limpasan permukaan yang telah tertampung

pada alat penampung. Pengamatan dilanjutkan dengan mengaduk penampung hingga fraksi tanah dan air menjadi homogen, setelah dirasa homogen kemudian diambil sampel sebanyak 1 liter setiap sub-alat. Sampel ini kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisa selanjutnya. Setelah diketahui ketinggian limpasan pada masing-masing sub-alat maka dilakukanlah perhitungan volume limpasan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Volume limpasan tertampung pada drum:} \\ V = tr \times (3,14 \times 0,3^2) \\ \text{Volume limpasan tertampung pada apron:} \\ V = tr \times 0,4^2 \end{aligned}$$

dimana :

V = Volume limpasan permukaan (m^3)
tr = Tinggi limpasan permukaan (m), didapatkan dari rerata pengukuran limpasan erosi pada masing-masing alat penampung limpasan permukaan.

Total limpasan permukaan yang terjadi pada lahan bisa diketahui setelah mendapatkan hasil pengukuran volume limpasan permukaan dengan cara dihitung dengan persamaan :

$$Lp = (a VA + b VD1 + c VD2 + d VD3)(liter)$$

dimana :

Lp = Limpasan permukaan (liter)
VA = Volume air dalam apron (liter)
VD 1-3 = Volume air dalam drum 1 s/d 3 (liter)
a, b, c, d = Tetapan yang besarnya berdasarkan air yang masuk kedalam masing-masing sub-alat

Adapun kegiatan analisa yang dilakukan pada sampel limpasan permukaan adalah pemisahan fraksi tanah dan air dengan cara penyaringan menggunakan kertas saring yang dilanjutkan dengan pengovenan sampel selama 1×24 jam dengan suhu $105^\circ C$ guna mendapatkan berat kering limpasan erosi. Berat kering endapan (Bt) dari erosi lahan dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Bt = (BA \times a VA) + (BD1 \times b VD1) + (BD2 \times c VD2) \\ + (BD3 \times d VD3)(kg) \end{aligned}$$

dimana :

Bt = Berat kering erosi pada lahan ($ton.ha^{-1}$)
BA = Berat sedimen per liter dari apron (kg)
BD 1 – 3 = Berat sedimen per liter dari drum 1 – 3 (kg)
VA = Volume air dalam apron (liter)
VD 1 – 3 = Volume air dalam drum 1 s/d 3 (liter)

a, b, c, d = Tetapan yang besarnya berdasarkan air yang masuk ke dalam masing-masing drum

b. Pengamatan Ombrometer

Pengamatan ombrometer dilakukan untuk mengetahui curah hujan yang terjadi saat hari hujan. Ombrometer yang sebelumnya diinstalasi dicek satu persatu. Air yang tertampung pada penampung ombrometer diukur jumlahnya menggunakan gelas ukur dan akan didapatkan volume air total dalam milliliter (ml) kemudian di konversikan menjadi satuan centimeter (cm). Kemudian curah hujan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$Ch = \frac{V}{A}$$

dimana :

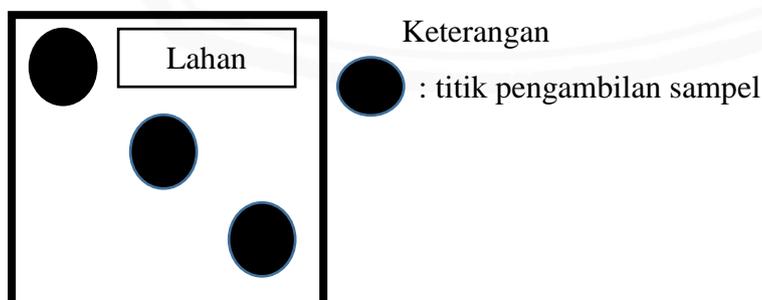
Ch = Curah hujan harian (cm)

V = Volume air dalam Ombrometer (cm³)

A = Luas penampang = $\frac{1}{4} \pi \times 13^2$ (cm²)

c. Pengambilan Sampel Tanah

Pengamatan erosi menggunakan metode pengukuran plot erosi membutuhkan data analisa tanah. Dalam tahap ini dilakukan pengambilan sampel tanah pada lahan yang diamati. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada akhir pengamatan dilaksanakan. Pada setiap plot pengamatan diambil sejumlah 3 sampel ring dan agregat. Pengambilan sampel tanah menggunakan ring dilakukan dengan kedalaman 10-20 cm. Total sampel tanah yang diambil adalah 18 sampel ring, dan 18 sampel agregat. Pengambilan sampel tanah pada lahan pengamatan ini dimaksudkan untuk keperluan analisa tekstur tanah, struktur tanah, berat isi, berat jenis, dan C-organik tanah. Berikut adalah sketsa skema pengambilan sampel pada plot:



Gambar 4. Sketsa Pengambilan Sampel Tanah.

Dalam sketsa ditampilkan letak pengambilan sampel tanah, dimana pengambilan sampel secara diagonal dari bidang lahan atau plot yang diamati. Posisi pengambilan sampel diatur secara diagonal karena dengan cara ini dianggap mampu untuk mewakili data tanah pada tiap-tiap plot.

3.3.1.3. Analisa laboratorium

Setelah dilakukan pengamatan lapangan dan didapatkan sampel endapan yang telah disaring, sampel tanah ring dan sampel tanah agregat, kemudian sampel – sampel tersebut dianalisa di laboratorium Fisika dan Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Berikut beberapa kegiatan analisa laboratorium yang dilaksanakan:

Tabel 7. Kegiatan Analisa Laboratorium

Parameter Karakteristik Lahan	Metode / Alat
Tekstur	Pipet
Kemantapan Agregat	Ayakan Basah
Tipe Struktur	Feeling
C-organik	Walkey – Black, kandungan bahan organik (BO) didapat dari rumus perhitungan C-Organik $\times 1,724$
Permeabilitas	Constant Head Soil Method

Kegiatan analisa sampel tanah di laboratorium meliputi analisa, tekstur, struktur, permeabilitas, dan C-organik tanah. Pelaksanaan pengamatan struktur dilanjutkan dengan pengamatan fraksi pasir sangat halus dengan cara melakukan pengayakan menggunakan ayakan dengan ukuran 0,05mm, tanah yang tidak lolos ayakan 0,05mm merupakan fraksi pasir sedangkan tanah yang lolos dari ayakan 0,05mm merupakan fraksi debu dan liat yang akan dilakukan proses *pipet* untuk memisahkan kedua fraksi tersebut. Pengayakan fraksi pasir dilanjutkan dengan menggunakan ayakan dengan ukuran 0,125mm. Fraksi pasir yang lolos ayakan 0,125mm merupakan pasir sangat halus. Data pengamatan tanah digunakan untuk pengukuran faktor erodibilitas. Kemudian juga dilakukan pengovenan pada sampel tanah yang telah disaring dari sampel limpasan permukaan yang didapatkan dari bangunan penampung limpasan permukaan. Sampel endapan yang telah disaring kemudian dioven selama 1×24 jam dengan suhu 105° celcius. Setelah 24 jam didapatkan sampel tanah kering. Sampel tanah kering ini ditimbang untuk mengetahui berat endapan.

3.3.1.4. Pengolahan Data Menggunakan Persamaan USLE

Laju erosi dari suatu lahan merupakan fungsi dari erosivitas hujan yang terjadi, tanah dan bentuk lahan. Fungsi ini telah diubah kedalam model persamaan yang disebut “ Persamaan Umum Kehilangan Tanah “ (PUKT) atau *Universal Soil Loss Equation (USLE)* (Wischmeier dan Smith, 1958) dengan persamaan :

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

dimana :

A = Tanah yang hilang (ton/ha)

S = faktor kemiringan lereng

R = Indeks erosivitas hujan

C = Faktor tanaman

K = Indeks erodibilitas tanah

P = Faktor pengelolaan lahan

L = Faktor panjang lereng

1. Erosivitas Hujan (R)

Keadaan lahan yang mempengaruhi besar kecilnya limpasan permukaan dan erosi adalah erosivitas hujan, erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng. Agar limpasan permukaan dan erosi hasil pengukuran lapangan (plot erosi) dapat dievaluasi dan dibandingkan maka keadaan lahan perlu diseragamkan lebih dahulu. Erosivitas hujan (R) dilokasi diketahui dengan cara analisa data hujan yang didapat dengan cara memasang alat penampung hujan atau ombrometer sederhana di masing-masing plot pengamatan. Langkah yang dilakukan untuk menghitung besarnya erosivitas hujan di masing-masing plot pengamatan pertama-tama dilakukan pengujian korelasi linier antara besarnya hujan dipencatatan hujan secara otomatis ataupun manual dengan EI₃₀. Bila hubungan linier korelasi ini cukup baik maka selanjutnya persamaan yang didapat dimanfaatkan untuk menduga besarnya EI₃₀ di masing-masing lokasi pengamatan. Indeks erosivitas hujan telah

$$R = -8,7921 + 7,0049 R_b$$

dikembangkan oleh Utomo dan Supriyadi (1987) dengan persamaan :

dimana :

R = Indeks erosivitas

R_b = Jumlah hujan bulanan (cm)

Metode Utomo dan Supriyadi (1987) ini telah diuji dengan membandingkan hasil perhitungan EI₃₀ untuk data-data hujan yang ada di DAS Brantas. Berdasarkan hasil uji korelasi yang telah dilakukan, kedua metode tersebut menunjukkan hasil yang nyata.

2. Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah oleh adanya energi kinetik air hujan. Besarnya resistensi partikel tanah tergantung pada topografi, kemiringan lereng dan besarnya gangguan oleh manusia, juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi dan kandungan unsur organik dan kimia tanah (kejenuhan basa). Karakteristik tanah bersifat dinamis selalu berubah seiring dengan perubahan waktu dan tataguna lahan atau sistem pertanaman, dengan demikian angka erodibilitas tanah juga akan berubah. Wischmeier (1971) dalam Asdak (2014) menghubungkan sifat fisik tanah dengan kehilangan tanah untuk menghitung indeks erodibilitas tanah (K) dengan

$$K = \frac{\{2,71 \times 10^{-4}(12 - OM)M^{1,14} + 3,25(S - 2) + 2,5(P - 3)\}}{100}$$

persamaan :

dimana :

K = Indeks erodibilitas tanah (t/MJ)

OM = Persen unsur organik, kandungan bahan organik, didapat dari hasil rumus perhitungan % C-organik x 1,724

M = Persentase ukuran partikel (%debu + %pasir halus) x (100-% liat)

S = Kode klasifikasi struktur tanah (terlampir pada lampiran 1)

P = Permeabilitas tanah (terlampir pada lampiran 2)

3. Pendugaan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor kelerengan yang mempengaruhi terjadinya erosi adalah kemiringan lereng, panjang lereng. Selain itu, faktor lainnya yang dapat mempengaruhi terjadinya erosi adalah konfigurasi, keseragaman dan arah lereng. Pendugaan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) menggunakan penilaian Indeks Kemiringan Lereng dengan metode nomograph yang dikemukakan oleh USDA (1978). Perhitungan faktor LS telampir pada Lampiran 3.

4. Pendugaan Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Faktor pengelolaan tanaman menunjukkan keseluruhan pengaruh dari vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi). Nilai C merupakan interaksi berbagai faktor yang tidak terbatas antara lain tanah, iklim dan pengelolaan tanaman itu sendiri.

Nilai faktor C yang akan digunakan sebagian berasal dari data percobaan, dan sebagian lainnya dari data yang tersedia lampiran 4.

5. Pendugaan Pengelolaan dan Konservasi Tanah (P)

Faktor Pengelolaan dan Konservasi Tanah (P) adalah nisbah antara tanah tererosi rata-rata dari lahan yang mendapat perlakuan konservasi tertentu terhadap tanah tererosi rata-rata dari lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi, dengan catatan faktor-faktor penyebab erosi yang lain diasumsikan tidak berubah. Besarnya faktor P yang telah berhasil ditentukan berdasarkan penelitian di Pulau Jawa terlampir pada lampiran 5 dan 6.

3.3.2. Analisa Data

Setelah melakukan pengamatan lapangan dan pengamatan di laboratorium maka akan didapatkan nilai besaran erosi pada masing masing plot penelitian yang telah ditentukan. Data yang diperoleh meliputi data erosi komoditas sawi dengan teknik pengolahan konservasi teras gulud searah lereng, sawi teras gulud searah kontur, dan sawi teras bangku, kemudian juga didapatkan data erosi lahan pada lahan dengan komoditas kentang teras gulud searah lereng, kebun apel dan data erosi hutan lindung. Data erosi pada masing-masing plot akan dihitung menggunakan metode pengukuran erosi secara langsung dan metode USLE yang kemudian akan didapatkan nilai erosi tiap-tiap lahan pada setia bulannya.

Data erosi yang didapatkan dari pengukuran kemudian di konversikan dengan luasan lahan seluas 1 hektar dan akan didapatkan besarnya erosi setiap hektar lahan. Setelah diketahui besaran erosi setiap perlakuan pada plot pengamatan kemudian dilakukan analisa menggunakan uji T berpasangan untuk mengetahui perbandingan tingkat keakuratan pengukuran erosi menggunakan metode USLE. Dari hasil pengamatan erosi ini kemudian juga akan diketahui teknik konservasi lahan yang mana yang bisa digunakan sebagai acuan pengolahan lahan yang memiliki tingkat erosi terendah sehingga mampu mendukung keberlanjutan pertanian diwilayah tersebut, serta dapat diketahui tingkat keakuratan metode pengukuran metode USLE sehingga dapat diketahui layakkah metode USLE digunakan dalam mengkaji tingkat erosi lahan dikemudian hari.

I. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Erosi

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian bagian tanah terkikis dan terangkut, kemudian diendapkan di tempat lain (Arsyad, 2010). Pengikisan, pengangkutan dan pemindahan tanah tersebut dilakukan oleh media alami yaitu air dan angin. Proses erosi terjadi melalui penghancuran, pengangkutan, dan pengendapan (Meyer *et al.*, 1991).

Di alam terdapat dua penyebab utama yang aktif dalam proses ini yakni angin dan air. Pada daerah iklim tropik basah seperti Indonesia, air merupakan penyebab utama terjadinya erosi, sedangkan angin tidak mempunyai pengaruh berarti (Arsyad 2010). Beasley (1972), dalam Banuwa (2008) berpendapat, bahwa erosi adalah proses kerja fisik yang keseluruhan prosesnya menggunakan energi. Energi ini digunakan untuk menghancurkan agregat tanah (*detachment*), memercikkan partikel tanah (*splash*), menyebabkan gejolak (*turbulence*) pada limpasan permukaan, serta menghanyutkan partikel tanah.

Erosi tanah (*soil erosion*) terjadi melalui dua proses yakni proses penghancuran partikel-partikel tanah (*detachment*) dan proses pengangkutan (*transport*) partikel-partikel tanah yang sudah dihancurkan. Kedua proses ini terjadi akibat hujan (*rain*) dan limpasan permukaan (*run off*) yang dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain curah hujan (intensitas, diameter, lama dan jumlah hujan), karakteristik tanah (sifat fisik), penutupan lahan (*land cover*), kemiringan lereng, panjang lereng dan sebagainya (Wischmeier dan Smith, dalam Banuwa, 2008). Faktor-faktor tersebut satu sama lain bekerja secara simultan dalam mempengaruhi erosi (Banuwa, 2008).

Mekanisme terjadinya erosi menurut Schwab (1999) dalam Nurpilihan (2011) diidentifikasi menjadi tiga tahap yaitu (i) *detachment* (penghancuran tanah dari agregat tanah menjadi partikel-partikel tanah); (ii) *transportation* (pengangkutan partikel tanah oleh limpasan hujan atau *run off* dan (iii) *sedimentation* (sedimen/pengendapan tanah tererosi); tanah tererosi akan terendapkan pada cekungan-cekungan atau pada daerah-daerah bagian bawah. Selanjutnya, Banuwa (2008), menyatakan bahwa kehilangan tanah hanya akan

terjadi jika kedua proses tersebut di atas berjalan. Tanpa proses penghancuran partikel-partikel tanah, maka erosi tidak akan terjadi, tanpa proses pengangkutan, maka erosi akan sangat terbatas. Kedua proses tersebut di atas dibedakan menjadi empat sub-proses yakni: (1) penghancuran oleh curah hujan; (2) pengangkutan oleh curah hujan; (3) penghancuran (*scour*) oleh limpasan permukaan; dan (4) pengangkutan oleh limpasan permukaan. Jika butir hujan mencapai permukaan tanah, maka partikel-partikel tanah dengan berbagai ukuran akan terpercik (*splashed*) ke segala arah, menyebabkan terjadinya penghancuran dan pengangkutan partikel-partikel tanah. Jika limpasan permukaan tidak terjadi (seluruh curah hujan terinfiltrasi), maka seluruh partikel-partikel yang terpercik akibat curah hujan akan terdeposisi di permukaan tanah. Selanjutnya jika limpasan permukaan terjadi, maka partikel-partikel yang terdeposisi tersebut akan diangkut ke lereng bagian bawah.

Hujan dengan *drop size* (ukuran butir-butir hujan) dengan *kinetic energy* dan massanya akan memukul agregat tanah sehingga hancur menjadi partikel-partikel tanah; dan dengan mudah akan dibawa oleh limpasan hujan ke tempat-tempat yang lebih rendah (*sedimentation*). Besar dan kecepatan limpasan hujan sangat tergantung dari kemiringan tanah dan kapasitas infiltrasi (Nurpilihan, 2011). Manik (2003) menyatakan bahwa erosi merupakan proses penghancuran, pengikisan dan pengangkutan butir-butir tanah atau bagian-bagian tanah dari satu tempat ke tempat lain oleh air atau angin. Kehilangan tanah ditempat erosi terjadi adalah sebanyak tanah yang terangkut dari tempat itu. Di daerah yang beriklim basah seperti di Indonesia, erosi terutama disebabkan oleh air yang merupakan hasil kerja dispersi butir-butir hujan dengan limpasan permukaan. Laju erosi (E) dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut: iklim (i); lereng atau topografi (r); jenis dan tipe vegetasi (v); tanah (t); serta manusia (m), yang dirumuskan sebagai berikut: $E = f(i, r, v, t, m)$. Selanjutnya Manik (2003) menyatakan bahwa dari faktor-faktor yang mempengaruhi laju erosi tersebut, faktor yang dapat diubah manusia adalah jenis dan tipe vegetasi (tumbuhan), sebagian dari sifat tanah (kesuburan tanah, ketahanan agregat, dan kapasitas infiltrasi), serta panjang lereng. Faktor yang tidak dapat atau sulit diubah manusia adalah iklim, tipe tanah, dan kecuraman lereng. Erosi tanah memberikan dampak di dua tempat, yaitu di tempat terjadinya

erosi (internal) dan di luar terjadinya erosi (external). Dampak internal berupa penurunan kesuburan dan produktivitas lahan, sedangkan dampak eksternal adalah terjadinya pencemaran perairan dan sedimentasi, yang menyebabkan pendangkalan sungai, waduk, danau atau pantai. Erosi internal adalah terangkutnya butir-butir tanah primer ke bawah dan masuk ke dalam celah-celah atau pori-pori tanah sehingga tanah menjadi kedap air dan udara. Erosi ini tidak menyebabkan kerusakan yang berarti, karena bagian-bagian tanah tidak hilang atau pindah ke tempat lain. Akibat erosi ini adalah menurunnya kapasitas infiltrasi tanah secara cepat sehingga meningkatkan limpasan permukaan yang akan menyebabkan terjadinya erosi lembar atau erosi alur (Susanto, 1992).

Konservasi tanah diartikan sebagai penempatan setiap bidang tanah pada cara penggunaan yang sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah (Arsyad, 2010). Konservasi tanah bukan berarti penundaan atau pelarangan penggunaan tanah, tetapi menyesuaikan jenis penggunaannya dengan kemampuan tanah dan memberikan perlakuan sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tanah berfungsi secara lestari. Setiap perlakuan yang diberikan pada sebidang tanah akan mempengaruhi tata air, sehingga usaha untuk mengkonservasi tanah juga merupakan konservasi air (Priyono dan Cahyono, 2004).

2.2. Faktor Yang Mempengaruhi Erosi

2.2.1. Faktor Erosivitas Hujan

Faktor iklim yang besar pengaruhnya terhadap erosi tanah adalah hujan, temperatur, dan suhu. Sejauh ini, hujan merupakan faktor yang paling penting. Hujan memainkan peranan dalam erosi tanah melalui tenaga pelepasan dari pukulan butir-butir hujan pada permukaan tanah dan sebagian melalui kontribusinya terhadap aliran. Karakteristik hujan yang mempunyai pengaruh terhadap erosi tanah meliputi jumlah atau kedalaman hujan, intensitas dan lamanya hujan. Jumlah hujan yang besar tidak selalu menyebabkan erosi berat jika intensitasnya rendah, dan sebaliknya hujan lebat dalam waktu singkat mungkin juga hanya menyebabkan sedikit erosi karena jumlah hujannya hanya sedikit. Jika jumlah dan intensitas hujan keduanya tinggi, maka erosi tanah yang terjadi cenderung tinggi (Suripin, 2002).

2.2.2. Faktor Tanah

Kepekaan tanah terhadap daya menghancurkan dan penghanyutan oleh curah hujan disebut erodibilitas. Erodibilitas tanah yang tinggi berarti bahwa tanah itu peka atau mudah tereosi, dan erodibilitas tanah yang rendah berarti bahwa resistensi atau daya tahan tanah itu kuat, dengan kata lain tanah tahan (resisten) terhadap erosi. Berbagai tipe tanah mempunyai kepekaan terhadap erosi yang berbeda-beda (Kartasapoetra, 2005).

Tanah-tanah di Indonesia didominasi oleh tanah dengan ordo inceptisol yang merupakan tanah yang terbentuk akibat pengaruh aktivitas vulkanis. Inceptisol menduduki golongan tanah rangking kedua di dunia. Inceptisol berasal dari bahasa latin yang konotasinya adalah tanah muda. Golongan tanah ini memberikan daya dukung lingkungan yang lebih baik untuk dijadikan lahan-lahan pertanian dan rerumputan. Inceptisol meliputi 15,7% dari seluruh golongan tanah. Namun demikian, golongan tanah ini mengambil peranan kecil dalam hubungannya dengan produksi bahan makanan dunia. Salah satu kumpulan (sub-order) dari Inceptisol adalah *Andept*, Ando + Inceptisol, dari kata Ando. Menyerupai Ando (Rafi'i, 1982)

Utomo (1989) menyatakan bahwa tanah andosol terbentuk dari bahan abu vulkan muda dengan kandungan bahan organik yang tinggi, tekstur lapisan tanah atas pasir berlempung sampai berlempung, tekstur lapisan bawah lempung berliat, memiliki *thixotropi* sangat porous, bersolum dalam sehingga kapasitas infiltrasi dan perkolasinya tinggi. Berdasarkan sifat-sifat tersebut, pengukuran erodibilitas tanah dengan nomograph menunjukkan bahwa indeks erodibilitas andosol bervariasi dari 0,10 sampai 0,25. mengikuti klasifikasi kelas erodibilitas yang diusulkan Utomo (1985), maka andosol mempunyai indeks erodibilitas sangat rendah sampai sedang. Jadi sebenarnya cukup tahan terhadap erosi yang ditimbulkan oleh pukulan air hujan dan kikisan limpasan permukaan. Tetapi karena umumnya andosol mempunyai sifat *thixotropic*, maka jika jenuh air (karena intensitas hujan sangat tinggi), tanahnya mudah mengalami erosi massa (*creep* dan *slip erosion*). Karena tingkat perkembangan tanahnya baru pada tingkat lemah sampai sedang.

Tanah andosol merupakan tanah yang relatif muda dibandingkan latosol, yang sifat-sifatnya sangat ditentukan oleh mineral liat yang dikandungnya yaitu alofan yang bersifat amorf. Umumnya mempunyai kejenuhan basa relatif rendah tetapi mempunyai AL dapat ditukar relatif tinggi. Terbawa oleh sifat mineral liat dominan yang dimilikinya maka andosol mempunyai sifat tiksotrofik, mempunyai kemampuan mengikat air besar, porositas tinggi, bobot isi rendah, gembur, tidak plastis dan tidak lengket serta kemampuan fiksasi fosfat yang tinggi (Dira, 2010)

Kepekaan erosi tanah adalah mudah tidaknya tanah tererosi yang merupakan fungsi dari berbagai interaksi sifat-sifat fisika dan kimia tanah. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kepekaan erosi adalah (1) sifat-sifat tanah yang mempengaruhi laju infiltrasi; (2) sifat-sifat tanah yang mempengaruhi ketahanan struktur tanah terhadap dispersi dan pengikisan oleh butir-butir hujan yang jatuh dan limpasan permukaan (Suripin, 2001).

Menurut Arsyad (2000), beberapa sifat tanah yang mempengaruhi erosi adalah tekstur, struktur, bahan organik, kedalaman, sifat lapisan tanah, dan tingkat kesuburan tanah, sedangkan kepekaan tanah terhadap erosi yang menunjukkan mudah atau tidaknya tanah mengalami erosi ditentukan oleh berbagai sifat fisika tanah. Tekstur tanah adalah ukuran tanah dan proporsi kelompok ukuran butir-butir primer bagian mineral tanah. Tanah-tanah bertekstur kasar seperti pasir dan pasir berkerikil mempunyai kapasitas infiltrasi yang tinggi dan jika tanah tersebut dalam, erosi dapat diabaikan. Tanah-tanah bertekstur pasir halus juga mempengaruhi kapasitas infiltrasi cukup tinggi, akan tetapi jika terjadi limpasan permukaan, butir halus akan mudah terangkut. Tanah-tanah yang mengandung liat dalam jumlah yang tinggi dapat tersuspensi oleh butir-butir hujan yang jatuh menyimpannya dan pori-pori lapisan permukaan akan tersumbat oleh butir-butir liat.

Struktur tanah digunakan untuk menerangkan susunan partikel-partikel tanah. Struktur tanah terdiri dari struktur makro dan struktur mikro. Struktur makro adalah susunan agregat-agregat tanah satu dengan yang lainnya, sedangkan struktur mikro adalah penyusunan butir-butir primer tanah (pasir, lempung, dan liat) menjadi partikel sekunder yang disebut peds atau agregat (Suripin, 2001).

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 yang telah mulai mengalami pelapukan mempunyai kemampuan menyerap dan menahan air yang tinggi. Bahan organik dapat menyerap air sebesar dua sampai tiga kali beratnya, akan tetapi kemampuan itu hanya faktor kecil dalam pengaruhnya terhadap limpasan permukaan. Pengaruh bahan organik dalam mengurangi aliran permukaan terutama berupa perlambatan aliran, peningkatan infiltrasi dan pemantapan agregat tanah (Arsyad, 2000).

Tanah-tanah yang dalam dan permeabel kurang peka terhadap erosi daripada tanah yang permeabel, tetapi dangkal. Kedalaman tanah sampai lapisan kedap air menentukan banyaknya air yang dapat diserap tanah dan dengan demikian mempengaruhi besarnya limpasan permukaan (Arsyad, 2000). Sifat lapisan bawah tanah yang menentukan kepekaan erosi tanah adalah permeabilitas lapisan tersebut. Permeabilitas dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah. Tanah yang lapisan bawahnya berstruktur granuler dan permeabel kurang peka erosi dibandingkan dengan tanah yang lapisan bawahnya padat dan permeabilitasnya rendah (Arsyad, 2000).

Kepekaan erosi tanah haruslah merupakan pernyataan keseluruhan sifat-sifat tanah dan bebas dari pengaruh faktor-faktor penyebab erosi lainnya. Menurut Hudson (1995), kepekaan erosi didefinisikan sebagai mudah tidaknya tanah untuk tidak tererosi, sedangkan menurut Arsyad (2000), kepekaan erosi tanah didefinisikan sebagai erosi per satuan indeks erosi hujan untuk suatu tanah dalam keadaan standar. Kepekaan erosi tanah menunjukkan besarnya erosi yang terjadi dalam ton tiap hektar tiap tahun indeks erosi hujan, dari tanah yang terletak pada keadaan baku (*standar*). Tanah dalam standar adalah tanah yang terbuka tidak ada vegetasi sama sekali terletak pada lereng 9 % dengan bentuk lereng yang seragam dengan panjang lereng 72,6 kaki atau 22 m.

2.2.3. Faktor Topografi

Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat atau persen. Dua titik yang berjarak horizontal 100 m yang mempunyai selisih tinggi 10 m membentuk lereng

10%. Kecuraman lereng 100% sama dengan kecuraman 45°. Selain dari memperbesar jumlah aliran permukaan, makin curamnya lereng juga memperbesar kecepatan limpasan permukaan yang dengan demikian memperbesar energi angkut air. Dengan makin curamnya lereng, jumlah butir-butir tanah yang terpercik ke atas oleh tumbukan butir hujan semakin banyak. Jika lereng permukaan dua kali lebih curam, banyaknya erosi 2 sampai 2,5 kali lebih besar (Sinukaban, 1986).

Kemiringan mempengaruhi perbandingan infiltrasi dan limpasan permukaan dan dipihak lain kemiringan berpengaruh pula terhadap kecepatan limpasan permukaan. Pada kemiringan tanah yang curam yang tidak bergelombang atau tidak bertanggul-tanggul, mengalirnya air kebagian bawah akan berlangsung sangat cepat. Daya kikis atau daya tumbuk arus air terhadap permukaan tanah akan semakin kuat sehingga banyak bagian tanah permukaan cerai berai dan terangkut ke bagian bawah. Jadi makin besar kemiringan lereng, maka akan semakin besar pula erosi. Pada kemiringan tanah yang tidak begitu curam mengalirnya air hujan dipermukaan tidak akan secepat pada kemiringan yang curam, apalagi kalau permukaan tanahnya bergelombang, aliran air permukaan akan makin berkurang, sehingga kesempatan air untuk merembes kedalam tanah akan lebih besar.

2.2.4. Faktor Vegetasi

Vegetasi yang terdapat pada permukaan tanah akan mempengaruhi kecepatan berlangsungnya erosi. Dalam hal ini vegetasi memiliki peranan penting sebagai berikut:

- a. Menghalangi tumbukan langsung butir-butir hujan, dengan demikian perusakan tanah oleh air hujan dapat dicegah
- b. Mengurangi kecepatan limpasan permukaan
- c. Mengurangi daya pengikisan tanah oleh limpasan permukaan
- d. Mendorong perkembangan biota tanah yang dapat memperbaiki sifat fisika dan kimia tanah dengan adanya pengaruh akar tanaman, maka kapasitas infiltrasi lebih meningkat, limpasan permukaan menjadi berkurang
- e. Menambah bahan organik tanah maka dengan demikian resistensi tanah terhadap erosi menjadi bertambah (Sutedjo, 2005).

Pola pertanaman dan jenis tanaman yang dibudidayakan sangat berpengaruh terhadap erosi dan limpasan permukaan karena berpengaruh terhadap penutupan tanah dan produksi bahan organik yang berfungsi sebagai pemantap tanah.

Tabel 1. Pengaruh tanaman terhadap erosi dan limpasan permukaan (selama 15 tahun)

Perlakuan	Erosi (ton.ha ⁻¹)	Limpasan Permukaan
(%) Rumput	0,77	12,0
Kacang	22,90	23,3
Jagung	14,76	29,4
Tanah terbuka	95,54	30,7

Sumber: Abujamin dan Suwardjo, 1979.

2.2.5. Faktor Manusia atau Tindakan Konservasi (P)

Kegiatan manusia dikenal sebagai salah satu faktor paling penting terhadap terjadinya erosi tanah yang cepat dan intensif. Kegiatan-kegiatan tersebut kebanyakan berkaitan dengan perubahan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap erosi, misalnya perubahan penutup tanah akibat penggundulan atau pembabatan hutan untuk permukiman, lahan pertanian, atau gembalaan. Kegiatan-kegiatan manusia di muka bumi ini sering mengganggu keseimbangan antara regenerasi (pembentukan) tanah dan laju erosi tanah. Tentu saja terbuka kemungkinan bagi manusia untuk melindungi tanah dari bahaya erosi melalui kegiatan konservasi, seperti penghijauan, terasering, dan lain lain.

Perencanaan konservasi tanah dan air memerlukan data dan informasi, di antaranya adalah data bahaya erosi yang dapat diperoleh dengan cara melaksanakan prediksi erosi. Memang erosi tidak dapat dihentikan sama sekali, bahkan pada pertanian yang lestari atau sustainable sekalipun. Namun erosi bisa dikendalikan hingga di bawah ambang batas yang dibolehkan. Laju erosi yang dibolehkan untuk berbagai macam tanah dapat diduga berdasarkan sifat tanah dan substratnya. Menilai pengendalian erosi pada suatu lahan diperlukan data laju erosi dari lahan pertanian yang bersangkutan. Mengendalikan erosi tanah berarti mengurangi pengaruh faktor-faktor erosi tersebut, sehingga prosesnya terhambat atau berkurang. Upaya pengendalian erosi dilakukan dengan cara meredam energi hujan, meredam daya gerus limpasan permukaan, dan mengurangi kuantitas limpasan permukaan, memperlambat laju limpasan permukaan, dan

memperbaiki sifat-sifat tanah yang peka erosi. Teknik-teknik pengendalian erosi yang sudah dikenal merupakan gabungan beberapa upaya tersebut (Anonymous, 2010).

2.3. Tanaman Hortikultura

Hortikultura berasal dari bahasa latin, yaitu *hortus* (kebun) dan *colere* (menumbuhkan). Secara harfiah, hortikultura berarti ilmu yang mempelajari pembudidayaan kebun. Hortikultura merupakan cabang pertanian yang berurusan dengan budidaya intensif tanaman yang di ajukan untuk bahan pangan manusia obat-obatan dan pemenuhan gizi. Hortikultura adalah gabungan ilmu, seni, dan teknologi dalam mengelola tanaman sayuran, buah, ornamen, bumbu-bumbu dan tanaman obat-obatan. Hortikultura merupakan budidaya tanaman sayuran, buah-buahan, dan berbagai tanaman hias, hortikultura saat ini menjadi komoditas yang menguntungkan karena pertumbuhan ekonomi yang semakin meningkat maka pendapatan masyarakat yang juga meningkat (Zulkarnain, 2009).

2.3.1. Tanaman Kentang

Kentang (*Solanum tuberosum L.*) merupakan tanaman sayuran semusim, berumur pendek kurang lebih hanya 90–180 hari dan berbentuk perdu atau semak. Bervariasi sesuai varietasnya (Samadi, 1997). Daun Tanaman kentang umumnya berdaun rimbun. Helai daun berbentuk poling atau bulat lonjong, dengan ujung meruncing, memiliki anak daun primer dan sekunder, tersusun dalam tangkai daun secara berhadap-hadapan (daun mejemuk) yang menyirip ganjil. Posisi tangkai utama terhadap batang tanaman membentuk sudut kurang dari 45° atau lebih besar 45° . Pada dasar tangkai daun terdapat tunas ketiak yang dapat berkembang menjadi cabang sekunder (Rukmana, 1997). Batang tanaman berbentuk segi empat atau segi lima, tergantung pada varietasnya. Batang tanaman berbuku–buku, berongga, dan tidak berkayu, namun agak keras bila dipijat. Diameter batang kecil dengan tinggi dapat mencapai 50–120 cm, tumbuh menjalar (Rukmana, 1997). Akar Tanaman kentang memiliki sistem perakaran tunggang dan serabut. Akar tunggang dapat menembus tanah sampai kedalaman 45 cm, sedangkan akar serabut umumnya tumbuh menyebar (menjalar) ke samping dan menembus tanah dangkal. Diantara akar–akar tersebut ada yang akan berubah bentuk dan fungsinya menjadi umbi (stolon) yang selanjutnya akan menjadi umbi kentang (Samadi, 1997). Bunga

kentang berkelamin dua (hermaphroditus) yang tersusun dalam rangkaian bunga atau karangan bunga. Struktur bunga terdiri dari daun kelopak (calyx), daun mahkota (corolla), benang sari (stamen), yang masing-masing berjumlah 5 buah serta putih 1 buah. Sistem penyerbukannya dapat menyerbuk sendiri ataupun silang (Rukmana, 1997). Umbi kentang terbentuk dari cabang samping diantara akar-akar. Proses pembentukan umbi ditandai dengan terhentinya pertumbuhan memanjang dari rhizome atau stolon yang diikuti pembesaran sehingga rhizome membengkak. Umbi berfungsi menyimpan bahan makanan seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan air (Samadi, 1997).

2.3.2. Tanaman Sawi

Sawi (*Brassica juncea* L.) masih satu famili dengan kubis-krop, kubis bunga, broccoli dan lobak atau rades, yakni famili cruciferae (*Brassicaceae*) oleh karena itu sifat morfologis tanamannya hampir sama, terutama pada sistem perakaran, struktur batang, bunga, buah (polong) maupun bijinya. Sawi termasuk ke dalam kelompok tanaman sayuran daun yang mengandung zat-zat gizi lengkap yang memenuhi syarat untuk kebutuhan gizi masyarakat. Sawi hijau bisa dikonsumsi dalam bentuk mentah sebagai lalapan maupun dalam bentuk olahan dalam berbagai macam masakan. Selain itu berguna untuk pengobatan (terapi) berbagai macam penyakit (Cahyono, 2003).

Sistem perakaran sawi memiliki akar tunggang (*radix primaria*) dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang (silindris) menyebar kesemua arah dengan kedalaman antara 30-50 cm. Akar-akar ini berfungsi antara lain mengisap air dan zat makanan dari dalam tanah, serta menguatkan berdirinya batang tanaman (Heru dan Yovita, 2003). Batang sawi pendek sekali dan beruas-ruas sehingga hampir tidak kelihatan. Batang ini berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang daun (Rukmana, 2002). Sawi berdaun lonjong, halus, tidak berbulu dan tidak berkrop. Pada umumnya pola pertumbuhan daunnya berserak (*roset*) hingga sukar membentuk krop (Sunarjono, 2004).

Sawi umumnya mudah berbunga dan berbiji secara alami baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah. Struktur bunga sawi tersusun dalam tangkai bunga (*inflorescentia*) yang tumbuh memanjang (tinggi) dan bercabang banyak. Tiap kuntum bunga sawi terdiri atas empat helai daun kelopak, empat helai

daun mahkota bunga berwarna kuning cerah, empat helai benang sari dan satu buah putik yang berongga dua (Rukmana, 2002).

2.4. Teknik Konservasi Lahan

2.4.1. Teras bangku atau teras tangga (*bench terrace*)

Teras bangku atau teras tangga dibuat dengan cara memotong panjang lereng dan meratakan tanah di bagian bawahnya, sehingga terjadi suatu deretan bangunan yang berbentuk seperti tangga. Pada usaha tani lahan kering, fungsi utama dari teras bangku antara lain adalah memperlambat aliran permukaan, menampung dan menyalurkan aliran permukaan dengan kekuatan yang tidak merusak, meningkatkan laju infiltrasi dan mempermudah pengolahan tanah.

Teras bangku dapat dibuat datar (bidang olahnya datar atau membentuk sudut 0° dengan bidang horizontal), miring ke dalam (bidang olahnya miring beberapa derajat ke arah yang berlawanan dengan lereng asli), dan miring keluar (bidang olah miring ke arah lereng asli). Teras irigasi adalah teras bangku datar, tanpa saluran teras. Teras ini biasa digunakan pada sistem sawah tadah hujan. Teras bangku miring ke dalam (goler kampak) dibangun pada tanah-tanah yang permeabilitasnya rendah, dengan tujuan agar air yang tidak segera terinfiltrasi tidak mengalir ke luar melalui talud di bibir teras. Teras bangku goler kampak memerlukan biaya relatif lebih mahal dibanding teras bangku datar atau teras bangku miring ke luar, karena memerlukan lebih banyak penggalian bidang olah (abdurachman, 1995).

2.4.2. Teras gulud (*contour ridges* atau *ridges terrace*)

Teras gulud adalah barisan guludan yang dilengkapi dengan saluran air di bagian belakang guludnya. Metode ini dikenal pula dengan istilah guludan bersaluran. Bagian-bagian dari teras gulud terdiri atas guludan, saluran air, dan bidang olah. Fungsi dari teras gulud hampir sama dengan teras bangku, yaitu untuk menahan laju aliran permukaan dan meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah. Saluran air dibuat untuk mengalirkan aliran permukaan dari bidang olah ke SPA. Untuk meningkatkan efektivitas teras gulud dalam menanggulangi erosi dan aliran permukaan, serta agar guludan tidak mudah rusak sebaiknya guludan diperkuat tanaman penguat teras. Jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai penguat teras bangku, dapat juga digunakan sebagai tanaman penguat teras gulud. Sebagai

kompensasi kehilangan luas bidang olah, bidang teras gulud dapat juga ditanami *cash crops* misalnya tanaman katuk, cabai rawit, dan jenis *cash crops* lainnya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan teras gulud adalah:

- a. Teras gulud cocok untuk kemiringan lahan antara 10-40%, dapat juga diterapkan pada kemiringan 40-60%, namun relatif kurang efektif.
- b. Pada tanah yang permeabilitasnya tinggi, guludan dapat dibuat tepat menurut arah garis kontur. Sedangkan pada tanah yang permeabilitasnya rendah, guludan dibuat miring terhadap kontur sebesar tidak lebih dari satu persen menuju ke arah saluran pembuangan. Hal ini ditujukan agar air yang tidak segera masuk ke dalam tanah dapat disalurkan dengan kecepatan rendah keluar lapangan (Agus, 1999).

2.5. Metode Pengukuran Erosi secara Langsung

Saifuddin Sarief (1980) dalam bukunya yang berjudul "*Beberapa Masalah Pengawetan Tanah dan Air*", penelitian yang telah dilakukan untuk menentukan pengikisan dan penghanyutan tanah menggunakan metode pengukuran besarnya tanah yang terkikis dan limpasan permukaan secara langsung untuk satu kali kejadian hujan. Metode ini disebut "*Pengukuran Erosi Petak Kecil*", metode ini ditujukan untuk mendapatkan data-data sebagai berikut :

- a. Besarnya erosi
- b. Pengaruh faktor tanaman
- c. Pemakaian bahan pemantap tanah (*soil conditioner*)
- d. Pemakaian mulsa penutup tanah
- e. Pengelolaan tanah.

Pengamatan di lapangan dilakukan dengan menggunakan sistem petak (plot) dengan ukuran, kemiringan, panjang lereng, dan jenis tanah tertentu (diketahui). Aliran air dan sedimen yang keluar petak diamati. Jumlah petak yang diperlukan tergantung dari tujuan pengamatan, jumlah minimal untuk satu kasus adalah dua replikasi. Mengamati laju erosi pada dua jenis tanaman yang berbeda diperlukan minimum 4 petak. Jika melibatkan dua jenis tanah yang berbeda, jumlah petak minimum menjadi 8 buah (Arsyad, 1989)

Ukuran petak yang standard mempunyai panjang 22 m dan lebar 1,8 m, namun tetap dimungkinkan untuk membuat petak dengan ukuran yang berbeda.

Pembatas petak dapat terbuat dari logam, kayu, atau limpasan lain yang tidak merembes air, dan tidak berkarat. Pembatas tersebut minimal mempunyai ketinggian 15 – 20 cm diatas permukaan tanah. Hal ini diaksudkan untuk menghindari adanya percikan air maupun partikel tanah keluar atau masuk ke dalam petak. Bagian awal pembatas ditanam kedalam tanah dengan kedalaman yang cukup sehingga cukup stabil dan kemungkinan terjadinya rembesan air dari dan atau keluar petak yang diminimalkan. Di ujung bawah petak dipasang talang untuk mengalirkan air dari petak ke bak penampung. Bak penampung harus tertutup untuk menghindari masuknya air hujan maupun percikan tanah langsung (Suripin, 2001).

Pendugaan erosi di lapangan dengan menggunakan petak percobaan, pada dasarnya memang mendekati kondisi alami yang sebenarnya. Namun, cara itu membutuhkan biaya, tenaga, dan waktu yang tidak kecil. Disamping itu untuk mengetahui laju dan jumlah erosi yang terjadi pada berbagai jenis penggunaan lahan dan bermacam jenis penggunaan tanaman pada berbagai jenis tanah dan topografi (kemiringan dan panjang lereng), juga dibutuhkan biaya yang tinggi, tenaga kerja yang banyak, dan waktu yang relatif lama (Rahim, 2003). Utomo (1994) juga berpendapat demikian dalam pernyataannya, Pelaksanaan percobaan lapangan memerlukan biaya yang mahal, dan tentunya agar dapat memberi manfaat yang optimum memerlukan ketelitian yang tinggi. Biaya yang mahal disamping untuk pembangunan petak erosi, juga diperlukan untuk prasarana penunjang, antara lain stasiun iklim. Untuk mendapatkan data yang cukup sah perlu memperhatikan ukuran petak percobaan, batas petak, Pengumpul hasil erosi, dan Pengamatan.

2.6. Metode Persamaan USLE

Prediksi erosi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah dengan penggunaan dan pengelolaan lahan tertentu. Dengan diketahuinya perkiraan dan ditetapkan laju erosi yang masih dapat ditoleransi, maka dapat ditentukan kebijaksanaan penggunaan lahan dan tindakan konservasi yang diperlukan untuk areal tersebut.

Metode perkiraan erosi dapat juga digunakan sebagai alat penilai apakah suatu tindakan konservasi tanah telah berhasil mengurangi erosi dari suatu daerah

aliran sungai (DAS). Salah satu metode perkiraan erosi adalah yang dikenal dengan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978). USLE adalah suatu model erosi yang dirancang untuk memprediksi erosi rata-rata jangka panjang dari erosi lembar atau alur di bawah keadaan tertentu. Ia juga bermanfaat untuk tanah tempat bangunan dan penggunaan non pertanian tetapi tidak dapat memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai (Arsyad, 2010).

Selanjutnya Arsyad (2010) menyatakan bahwa USLE memungkinkan perencana menduga laju rata-rata erosi suatu bidang tanah tertentu pada suatu kecuraman lereng dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam penanaman dan tindakan pengelolaan (tindakan konservasi tanah) yang mungkin dilakukan atau sedang digunakan. Persamaan yang digunakan mengelompokkan berbagai parameter fisik dan pengelolaan yang mempengaruhi laju erosi ke dalam enam peubah utama yang nilainya setiap tempat dapat dinyatakan secara numerik. Erosi pada setiap satuan lahan dihitung dengan menggunakan model *Universal of Soil Loss Equation* (USLE) (Wischmeier dan Smith (1978). Adapun rumus USLE yang digunakan untuk prediksi erosi adalah (Wischmeier dan Smith 1978):

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Keterangan :

A = banyaknya tanah yang tererosi (ton/ha/th)

R = faktor indeks (erosivitas) hujan

K = faktor erodibilitas tanah

L = faktor panjang lereng

S = faktor kecuraman lereng

C = faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman

P = faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah

Penetapan nilai faktor-faktor dalam model USLE dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus atau hasil penelitian yang sudah ada:

a. Faktor Erosivitas hujan (R)

Erosivitas hujan adalah jumlah satuan indeks erosi hujan, yang merupakan perkalian antara energi hujan total (E) dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I₃₀), tahunan (Arsyad, 2010).

b. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah (kepekaan erosi tanah), yaitu laju erosi per indeks erosi hujan (R) untuk suatu tanah, yang didapat dari petak percobaan standar, yaitu petak percobaan yang panjangnya 22,1 m terletak pada lereng 9 %, tanpa tanaman ($K = A/R$). Kepekaan erosi tanah ini sangat dipengaruhi oleh tekstur, kandungan bahan organik, permeabilitas dan kemandapan struktur tanah (Arsyad, 2010).

c. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor panjang lereng yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu tanah dengan lereng tertentu terhadap erosi dari tanah dengan panjang lereng 22,1 m di bawah keadaan yang identik. Faktor kecuraman lereng, yaitu nisbah antara besarnya erosi yang terjadi dari suatu tanah dengan kecuraman lereng tertentu, terhadap besarnya erosi dari tanah dengan kemiringan 9 % di bawah keadaan yang identik (Arsyad, 2010).

d. Faktor Tanaman dan Pengelolaannya (C)

Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman. Penentuan faktor C didasarkan atas berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Arsyad, 2010).

e. Faktor Tindakan Konservasi (P)

Faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah (pengelolaan dan penanaman menurut kontur, penanaman dalam strip, guludan, teras), yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi khusus, seperti pengelolaan menurut kontur, penanaman dalam strip, guludan, teras, terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng, dalam keadaan yang identik. Faktor tindakan konservasi juga ditentukan berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Arsyad, 2010).

. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakterisasi Lokasi Pengamatan

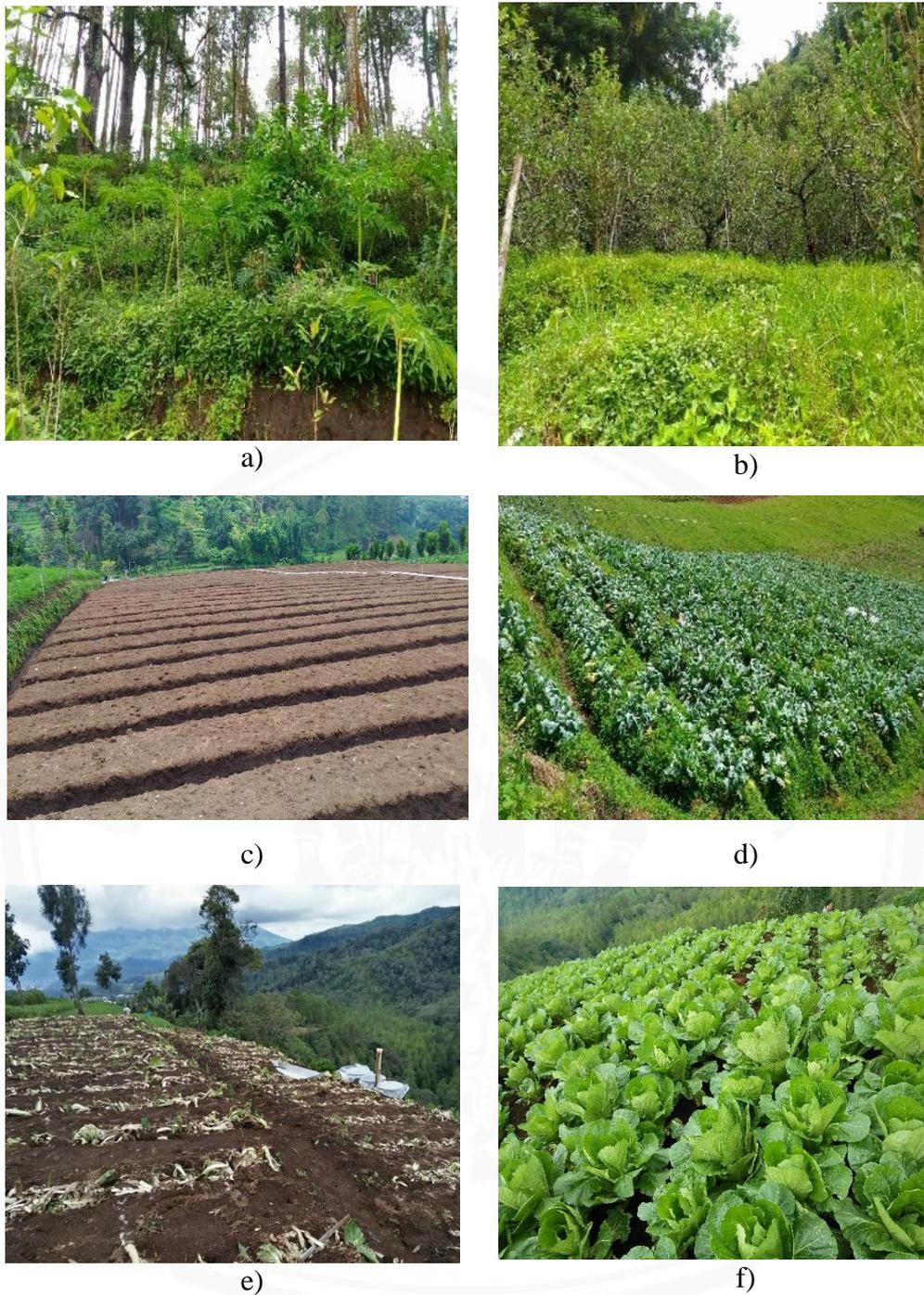
Variasi pemilihan komoditas dan penggunaan teknik konservasi lahan pada area pengamatan diharapkan akan memberikan gambaran beragamnya nilai erosi lahan akibat pengaruh tutupan lahan dan pengolahan lahan. Perbedaan vegetasi yang dibudidayakan pada setiap plot pengamatan dan perbedaan teknik konservasi yang diterapkan pada masing-masing plot diharapkan memberikan gambaran perbedaan nilai erosi yang terjadi baik diukur menggunakan metode pengukuran plot erosi ataupun dengan menggunakan metode persamaan USLE. Berikut spesifikasi lahan yang digunakan sebagai plot penelitian yang disajikan dalam Tabel 8:

Tabel 8. Spesifikasi Plot Pengamatan

Lokasi	Plot	Vegetasi	Teknik Konservasi	Kelerengan (%)	Panjang lereng (feet)	Luas (m ²)	Ketinggian (mdpl)
Kekep	1	Hutan Lindung	-	43	59,95	960	1081
	2	Kebun Apel	-	26	41,99	691	1097
	3	Sawi	Gulud searah kontur	22	33,49	985	1097
	4	Sawi	Teras bangku	38	80,88	333	1091
Tulung-Rejo	5	Kentang	Gulud searah lereng	18	37,82	479,3	1555
	6	Sawi	Gulud searah lereng	15	48,03	300,7	1566

Tabel 8 menjelaskan spesifikasi lahan yang digunakan untuk plot pengamatan. Selain memiliki perbedaan komoditas dan teknik konservasi yang diterapkan pada lahan terdapat beberapa perbedaan lain pada setiap plot pengamatan diantaranya kelerengan, panjang lereng, luas lahan dan ketinggian lokasi atau elevasi. Lokasi plot serta ketinggian ini akan lebih jelas dilihat pada Peta lokasi plot dan ketinggian tempat yang terlampir di Lampiran 13.

Pengamatan terbagi menjadi 2 wilayah pengamatan yaitu Kekep dan Tulungrejo. Plot pengamatan Kekep berada di wilayah yang lebih rendah sehingga memiliki kenampakan yang tidak terlalu curam, sedangkan plot pengamatan Tulungrejo berada di kaki gunung Arjuna dan berbatasan dengan jurang yang relatif terjal, beberapa hal tersebut menjadi salah alasan pembagian wilayah pengamatan. Berikut sekilas kondisi lahan di lapangan yang disajikan dalam Gambar 5:



Gambar 5. Lahan Pengamatan Erosi dengan Metode Plot Erosi: a) Hutan Lindung, b) Kebun Apel, c) Sawi Gulud Searah Kontur, d) Sawi Teras, e) Kentang Gulud Searah Lereng, f) Sawi Gulud Searah Lereng.

Gambar 5 menunjukkan mengenai kondisi lahan pada tiap-tiap plot pengamatan erosi yang telah dipilih berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Setiap plot dilakukan pengamatan selama bulan Februari hingga bulan Mei untuk pengaplikasian metode pengukuran erosi plot. Selama 4 bulan pelaksanaan

pengamatan pada lahan pertanian diketahui bahwa pada lahan tersebut dilakukan pengolahan lahan oleh petani penggarap lahan. Beberapa jenis pengolahan lahan yang dilakukan adalah pencangkulan, irigasi dan pemberian pupuk. Pada awal pengamatan yaitu pada bulan Februari bertepatan dengan masa penggarapan lahan pertanian yang disiapkan untuk budidaya tanaman semusim, disini terlihat bahwa pada masing-masing plot pengamatan dilakukan pengolahan lahan dengan sangat intensif, dimana lahan dicangkul dan dibersihkan sehingga tidak terdapat tumbuhan lain yang berada di area tanam yang disiapkan untuk budidaya.

Didapatkan fakta pada seluruh plot yang ditanami tanaman semusim dilakukan pengolahan lahan berupa pencangkulan lahan yang kemudian dibuat guludan dengan ketinggian berkisar antara 15 hingga 20 cm. Pengamatan yang dilakukan pada plot 5 dan 6 diketahui dilakukan penambahan pupuk alami berupa kotoran ayam pada bedengan tanaman. Metode aplikasi pupuk alami adalah dengan cara menambahkan pupuk diatas permukaan hingga pupuk sekiranya menutupi tanah dengan ketinggian berkisar antara 1 cm hingga 2 cm diukur dari permukaan tanah bedengan. Pengolahan lahan yang dilakukan petani guna mempersiapkan lahan untuk menanam kentang (*Solanum tuberosum L.*) pada plot 5 dan plot 6 ditanami sawi putih (*Brassica pekinensia L.*). Memasuki usia tanaman 30 hari setelah tanam dilakukan pembersihan lahan dari tumbuhan lain atau gulma yang ada di area tanam. Kondisi area tanam benar-benar terlihat bersih dari gangguan tanaman lain. Pembersihan lahan dari gulma ternyata memiliki dampak lain terhadap tanah, pencabutan gulma membuat tanah terangkat ke permukaan, kemudian setelah terjadi hujan butiran tanah tersebut hilang terbawa limpasan air hujan. Plot 4 yang memiliki vegetasi berupa tanaman sawi putih (*Brassica pekinensia L.*) dengan pengolahan konservasi berupa teras bangku diketahui tidak dilakukan pengolahan tanah baik itu pencangkulan maupun pembersihan gulma. Proses penanaman bibit dilakukan dengan cara pembuatan lubang tanam tanpa dilakukan pembalikan tanah diarea tanam yang tidak ada tanamannya. Pengolahan lahan yang cukup intensif juga dilakukan pada lahan plot 3 dimana tanaman yang dibudidayakan pada plot 3 ini adalah tanaman sawi (*Brassica pekinensia L.*). Sebelum dilakukan penanaman bibit sawi dilakukan pengolahan lahan berupa pencangkulan dan pembuatan bedengan. Setelah pembuatan bedengan selesai

langsung dilakukan penanaman bibit sawi. Berbeda dengan yang dilakukan oleh petani pada plot 5 dan 6, pada awal tanam tanaman sawi ini tidak dilakukan pengaplikasian pupuk, baik pupuk sintetis maupun pupuk alami. Aplikasi pupuk dilakukan setelah tanaman sawi berusia kira-kira 1 hingga 2 minggu dengan penambahan pupuk NPK dengan cara membenamkan pupuk dengan jarak 5 cm hingga 7 cm dari tanaman. Saat tanaman sawi berusia 1 bulan dilakukan pembersihan gulma yang ada di lahan sawi. Gulma yang semula memenuhi lahan dibersihkan dan dikondisikan jauh dari area budidaya, tentunya ini membuat area budidaya terlihat steril dan hanya ada tanaman sawi yang tumbuh di area tersebut.

4.2. Hasil Pengukuran Erosi

Pengamatan lapang yang telah dilakukan dari bulan Februari hingga Mei yang meliputi pengamatan curah hujan, pengamatan alat penampung erosi dan tanah. Hasil pengamatan pada masing-masing plot kemudian diolah dengan berbagai persamaan yang sebelumnya telah ditentukan untuk mengetahui nilai erosi pada beberapa variasi yang diterapkan pada plot pengamatan. Berikut adalah besarnya erosi dari masing-masing plot pengamatan yang didapatkan dari hasil pengamatan lapang dan metode USLE.

4.2.1. Hasil Pengukuran Erosi Menggunakan Metode Pengukuran Plot Erosi

Setelah melakukan pengamatan erosi menggunakan metode pengukuran plot erosi dari bulan Februari hingga Mei, berikut ini hasil yang diperoleh yang disajikan dalam Tabel 9 :

Tabel 9. Hasil Perhitungan Erosi Menggunakan Metode Pengukuran Plot Erosi

Lokasi	Plot	Nilai Erosi Setiap Bulan (Ton.ha ⁻¹)				Total
		Februari	Maret	April	Mei	
Kekep	1	0,02	5×10^{-3}	8×10^{-3}	4×10^{-4}	0,03
	2	4,84	0,01	1,17	1×10^{-5}	6,02
	3	127,96	72,61	37,98	2,83	241,38
	4	1,83	1,03	0,54	4×10^{-3}	3,40
Tulungrejo	5	1,95	0,37	19,59	49,07	70,98
	6	0,21	1,60	0,87	0,03	2,71

Keterangan:

Plot 1 : Hutan lindung

Plot 2 : Kebun apel

Plot 3 : Sawi gulud searah kontur

Plot 4 : Sawi teras

Plot 5 : Kentang gulud searah lereng

Plot 6 : Sawi gulud searah lereng

Pengamatan erosi menggunakan metode pengukuran plot erosi menunjukkan semua plot yang ada dalam wilayah pengamatan Kekep memiliki

tingkat erosi tertinggi pada bulan Februari. Pada bulan Februari erosi yang terjadi pada plot 1 mencapai $0,02 \text{ ton.ha}^{-1}$, plot 2 $4,48 \text{ ton.ha}^{-1}$, plot 3 $127,96 \text{ ton.ha}^{-1}$, dan plot 4 $1,83 \text{ ton.ha}^{-1}$. Erosi tertinggi yang dihasilkan plot 5 terjadi pada bulan Mei dengan nilai erosi $49,07 \text{ ton.ha}^{-1}$, sedangkan plot 6 menghasilkan nilai erosi tertinggi pada bulan Maret dengan nilai erosi mencapai $1,60 \text{ ton.ha}^{-1}$. Perlu diingat dalam penelitian ini adalah durasi pengamatan erosi dilakukan selama 4 bulan dengan pertimbangan bulan Mei telah memasuki bulan kering membuat curah hujan berkurang dibandingkan bulan basah sehingga potensi terjadinya erosi juga pasti lebih sedikit. Arsyad (1989) dalam Ispriyanto (2001) mengemukakan bahwa jumlah curah hujan rata-rata dalam satu masa mungkin tidak menyebabkan erosi jika intensitasnya menurun, demikian juga halnya dengan waktu yang singkat mungkin tidak menyebabkan erosi karena tidak cukup untuk mengalirkan tanah yang tererosi. Pernyataan Arsyad memberikan gambaran bahwa apabila pengamatan erosi menggunakan plot erosi ini dilakukan sepenuhnya pada bulan basah atau musim hujan mungkin akan mendapatkan hasil erosi yang berbeda dengan data yang saat ini didapatkan.

4.2.2. Hasil Pengukuran Erosi Menggunakan Metode USLE

Pendugaan erosi menggunakan metode USLE memiliki beberapa faktor yang harus dipenuhi untuk bisa melakukan estimasi erosi yang terjadi pada suatu lahan. Berikut adalah hasil pengukuran erosi menggunakan metode USLE beserta dengan hasil pengukuran masing-masing faktor erosi yang didapatkan dari pengamatan di lapangan.

4.2.2.1. Hasil Pengukuran Faktor-faktor Erosi

1. Erosivitas

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan curah hujan harian untuk mendapatkan data indeks erosivitas pada lahan yang diamati. Erosivitas merupakan daya hujan untuk menimbulkan erosi. Erosivitas sangat berpengaruh terhadap besarnya jumlah tanah yang tererosi, dengan demikian jumlah tanah yang tererosi berbanding lurus dengan nilai erosivitas. Erosivitas sangat erat kaitannya dengan hujan, faktor utama penyebab erosi untuk erosivitas adalah besar dan kecilnya curah hujan dan lamanya hujan. Faktor erosivitas hujan (R) yang merupakan daya rusak

hujan didefinisikan sebagai jumlah satuan indeks erosi hujan dalam setahun (Suripin, 2004).

Data pengukuran curah hujan harian dilakukan dengan cara memasang ombrometer sederhana pada setiap plot pengamatan. Air hujan yang ada didalam ombrometer diukur volumenya setiap pagi hari setelah hari hujan. Berikut adalah data curah hujan yang didapatkan selama pengamatan lahan:

Tabel 10. Hasil Pengukuran Curah Hujan Bulanan

Lokasi	Plot pengamatan	Curah Hujan Bulanan (cm)				Total (cm)
		Februari	Maret	April	Mei	
Kecep	1	27	32	41	3	103
	2	28	34	40	4	105
	3	25	39	34	4	102
	4	27	22	41	2	92
Tulungrejo	5	31	37	45	6	119
	6	35	40	43	6	124

Keterangan :

Plot 1 : Hutan lindung

Plot 4 : Sawi teras

Plot 2 : Kebun apel

Plot 5 : Kentang gulud searah lereng

Plot 3 : Sawi gulud searah kontur

Plot 6 : Sawi gulud searah lereng

Hasil pengukuran curah hujan pada bulan Februari hingga bulan April tercatat memiliki curah hujan yang dikategorikan sebagai curah hujan yang tinggi, sedangkan secara drastis pada bulan Mei curah hujan yang terjadi dikategorikan dalam curah hujan yang rendah, kemudian jika dibandingkan rata-rata curah hujan yang terjadi pada bulan April adalah yang tertinggi dan curah hujan bulan Mei adalah yang terendah. Penurunan curah hujan yang terjadi pada bulan Mei disebabkan karena pada bulan Mei terjadi perubahan musim dari musim penghujan ke musim kemarau. Menurut laporan cuaca yang diterbitkan oleh BMKG (2017), pada tahun 2017 awal musim kemarau terjadi pada bulan Mei.

Wilayah pengamatan dibedakan menjadi dua wilayah untuk mendapatkan hasil pengukuran yang maksimal mengingat curah hujan yang terjadi diantara kedua wilayah ini berbeda yang pada akhirnya akan mempengaruhi erosi yang terjadi pada lahan. Perbedaan ketinggian tempat antara kedua wilayah pengamatan memiliki perbedaan ketinggian hingga hampir 500 meter. Ketinggian wilayah ini tentunya mempengaruhi curah hujan pada masing-masing wilayah, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Marpaung (2010) yang menyatakan bahwa setiap ketinggian bertambah 100 meter, peningkatan curah hujan bisa mencapai 159 mm/tahun, jika dikonversi setiap kenaikan ketinggian 1 meter curah hujan naik 1,6

mm/tahun atau 160 cm/tahun. Curah hujan yang terjadi antara kedua wilayah pengamatan menunjukkan perbedaan yang cukup besar, curah hujan total yang tertinggi pada wilayah pengamatan Kekep adalah pada plot 2 dengan nilai 105,27 cm, sedangkan pada wilayah pengamatan Tulungrejo curah hujan tertinggi terjadi pada plot 6 dengan nilai 123,16 cm. Hasil pengamatan curah hujan ini secara jelas menunjukkan bahwa perbedaan ketinggian tempat akan mempengaruhi curah hujan yang terjadi.

Data curah hujan yang didapatkan dari pengukuran hujan harian di lahan kemudian diolah menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Utomo dan Supriadi (1987) untuk mengetahui nilai erosivitas pada masing-masing plot pengamatan erosi. Berikut adalah hasil pengamatan faktor erosivitas pada setiap plot:

Tabel 11. Hasil Pengukuran Indeks Erosivitas

Lokasi	Plot	Februari	Maret	April	Mei
Kekep	1	178	214	277	12
	2	185	231	269	17
	3	167	266	228	17
	4	181	146	277	15
Tulungrejo	5	207	248	306	35
	6	234	266	295	33

Keterangan:

Plot 1 : Hutan lindung

Plot 2 : Kebun apel

Plot 3 : Sawi gulud searah kontur

Plot 4 : Sawi teras

Plot 5 : Kentang gulud searah lereng

Plot 6 : Sawi gulud searah lereng

Pada pengamatan yang dilakukan dilapangan dari bulan Februari hingga bulan Mei 2017 dapat dikatakan bulan Maret memiliki tingkat erosivitas yang cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya selama pengamatan dilakukan, sedangkan bulan Mei memiliki tingkat erosivitas yang lebih rendah dibandingkan bulan lainnya. Tinggi atau rendahnya tingkat erosivitas ini disebabkan karena curah hujan pada setiap bulannya yang berbeda, dapat dilihat data hasil pengamatan curah hujan bulanan memiliki nilai yang berbanding lurus dengan nilai erosivitas yang terjadi pada setiap bulannya.

Faktor iklim yang berpengaruh terhadap erosi antara lain: hujan, temperatur, angin, kelembaban dan radiasi matahari, dari kelima faktor tersebut hujan merupakan faktor terpenting dalam kaitannya pengaruh terhadap erosi lahan. Sifat hujan yang mempengaruhi erosi antara lain curah hujan, intensitas hujan dan

distribusi hujan. Ketiga sifat hujan ini secara bersama-sama akan menentukan kemampuan hujan untuk menghancurkan butir-butir tanah serta jumlah dan kecepatan limpasan permukaan (Utomo, 1989). Hal ini selaras dengan pernyataan dikemukakan oleh Arsyad (1989) bahwa di daerah beriklim basah faktor iklim yang mempengaruhi erosi adalah hujan. Erosivitas merupakan fungsi dari sifat fisik hujan seperti jumlah atau curah hujan, lama hujan intensitas hujan, ukuran butir hujan dan kecepatan jatuh butir hujan (Seta, 1987).

Nilai erosivitas yang terjadi di kawasan pengamatan Kekep memiliki nilai yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan kawasan pengamatan Tulungrejo. Hasil penelitian ini sekaligus menunjukkan bahwa semakin tinggi tempat akan semakin tinggi juga potensi terjadi erosi pada kawasan tersebut. Hal ini disebabkan curah hujan yang terjadi di kawasan yang lebih tinggi berbanding lurus dengan nilai erosivitas, kemudian juga erosivitas yang semakin tinggi maka tingkat erosi juga semakin tinggi.

2. Erodibilitas (K)

Erodibilitas tanah merupakan kepekaan tanah untuk tererosi, semakin tinggi nilai erodibilitas suatu tanah semakin mudah tanah tersebut tererosi. Faktor erodibilitas tanah menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah oleh adanya energi kinetik air hujan (Asdak, 1995). Berikut adalah data analisa tanah dan hasil analisa Erodibilitas pada masing-masing plot pengamatan yang disajikan dalam Tabel 12:

Tabel 12. Data Analisa Tanah dan Erodibilitas Tanah

Lokasi	Plot	BO (%)	Permeabilitas		Tekstur (%)			Struktur		Indeks K	
			Nilai (cm/jam)	Indeks	Pasir	Pasir sangat halus	Debu	Liat	Tipe		Indeks
Kekep	1	2,36	12,86	1	10	2	47	43	GM	3	0,26
	2	3,68	9,47	3	26	4	47	28	GM	3	0,26
	3	2,50	4,28	3	25	4	55	21	GM	3	0,38
	4	3,28	5,42	3	36	4	41	23	GM	3	0,23
Tulungrejo	5	6,47	14,15	2	41	9	55	4	Gr	2	0,26
	6	6,84	13,62	1	35	7	57	8	Gr	2	0,23

Keterangan:

Plot 1 : Hutan lindung

Plot 2 : Kebun apel

Plot 3 : Sawi gulud searah kontur

Plot 4 : Sawi teras

Plot 5 : Kentang gulud searah lereng

Plot 6 : Sawi gulud searah lereng

GM : Gumpal Membulat

Gr : Granuler

Dari hasil analisa tanah dapat dilihat bahwa bahan organik tanah pada masing-masing plot berkisar antara 2,36% – 6,84%. Tanah yang sehat umumnya memiliki kadar bahan organik sebesar 5% artinya kandungan bahan organik yang ada pada plot 5 dengan kandungan bahan organik 6,47 dan plot 6 yang memiliki bahan organik 6,84 sedikit diatas kategori proporsional. Jika dilihat plot 4 memiliki tingkat bahan organik yang cukup rendah dibandingkan dengan plot lainnya, dan plot 6 memiliki tingkat bahan organik tertinggi. Hasil penelitian Rachman (2003), menyatakan bahwa pengolahan tanah dan tanaman yang mengakumulasi sisa-sisa tanaman berpengaruh baik terhadap kualitas tanah, yaitu terjadinya perbaikan stabilitas agregat tanah, ketahanan tanah dan daya tahan tanah terhadap daya hancur air hujan. Kandungan bahan organik yang proporsional pada plot penelitian seharusnya memberikan pengaruh yang baik bagi agregat tanah khususnya kesetabilan agregat tanah.

Pengamatan permeabilitas tanah memberikan hasil plot 3 memiliki tingkat permeabilitas 4,28 cm/jam dan plot 4 memiliki tingkat permeabilitas 5,42 cm/jam dimana keduanya masuk dalam kelas permeabilitas sedang. Permeabilitas sedang atau cukup permeabel merupakan dominasi dari fraksi debu yang menyebabkan pembentukan *pori meso* dengan jumlah sedang sehingga luas situs sentuhan menjadi cukup luas, menyebabkan daya pegang air dan udara cukup mudah untuk keluar ataupun masuk tanah (Hanafiah, 2007). Pernyataan Hanafiah ini benar adanya, mengingat dilihat dari tekstur pada plot 3 dan 4 dimana fraksi yang mendominasi adalah fraksi debu. Hasil pengamatan permeabilitas pada Plot 5 dan 6 menunjukkan hasil bahwa kedua plot tersebut masuk dalam kelas permeabilitas yang cepat. Jika dilihat tekstur yang ada pada Plot 5 dan 6 sama-sama didominasi oleh fraksi pasir, sama seperti dengan yang ada di Plot 3 dan 4 namun permeabilitas yang terjadi berbeda. Dilihat dari nilai bahan organik Plot 5 dan 6 lebih tinggi dari Plot 3 dan 4, artinya bahan organik yang ada di Plot 5 dan 6 turut memberikan kontribusi terhadap permeabilitas yang terjadi. Hal ini sejalan dengan Hanafiah (2007) yang berpendapat bahwa tekstur dan bahan organik sangat mempengaruhi permeabilitas tanah. Hal ini terkait dengan proporsi bahan *koloidal*, ruang pori dan luas permukaan *adsorptive*, yang semakin halus teksturnya akan makin banyak,

sehingga makin besar kapasitas simpan airnya, hasilnya berupa peningkatan kadar dan ketersediaan air tanah.

Kemudian dilihat dari data tekstur tanah pada masing-masing plot memiliki fraksi dominan berupa debu, sedangkan kandungan liat pada lahan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan fraksi lainnya. Debu merupakan fraksi tanah yang paling mudah tererosi, karena selain mempunyai ukuran yang relatif halus, debu tidak mempunyai kemampuan untuk membentuk ikatan karena tidak memiliki muatan. Secara umum tanah dengan kandungan debu tinggi, liat rendah, dan bahan organik yang rendah adalah tanah yang paling mudah mengalami erosi (Wischmeier dan Mannering, 1969). Tingginya kandungan fraksi debu pada tanah sampel penelitian ini tidak terlepas dari bahan pembentuk tanah yang ada di kawasan hulu DAS Brantas, seperti yang diketahui kawasan Hulu DAS Brantas berada di kawasan vulkanik, diantaranya terdapat Gunung Arjuna, Welirang dan Gunung Kelud yang pada masa lampau wilayah Kota Batu sangat mungkin terdampak abu vulkanik dari letusan gunung berapi tersebut. Abu vulkanik memberikan pengaruh terhadap tekstur yang ada di kawasan Kota Batu. Erupsi gunung berapi mengeluarkan bahan vulkanik (bom, lahar, lava, pasir, debu dan abu) yang kemudian terakumulasi di puncak, lereng, bagian kaki gunung hingga daerah sekitarnya. Bahan induk vulkan mengandung bahan *prioklastik*, bahan ini terdiri dari fragmen-fragmen pijar berukuran halus (debu) yang disemburkan saat terjadi letusan (Sukarman, 2014).

Pengolahan lahan dengan cara pencangkulan dan penambahan bahan organik pada lahan pertanian memberikan pengaruh pada struktur tanah yang ada pada lahan. Diketahui bahwa pada masing-masing plot pengamatan dilakukan kegiatan pengolahan lahan secara intensif. Kegiatan pencangkulan merupakan salah satu kegiatan yang menimbulkan perbaikan aerasi terhadap tanah, kualitas aerasi yang baik akan memberikan efek perbaikan pada struktur tanah. Perbaikan aerasi yang kemudian diikuti dengan penambahan bahan organik berupa penambahan pupuk alami efek yang lebih besar lagi bagi perkembangan struktur tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rohmad (2006) yang menyatakan bahwa perbaikan struktur tanah dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan organik, bahan pemantap tanah, perbaikan porositas dan perbaikan aerasi.

Pengamatan selanjutnya adalah dengan mengetahui nilai erodibilitas pada masing-masing plot pengamatan dengan cara melakukan perhitungan matematis. Perhitungan indeks erodibilitas masing-masing plot pengamatan dilakukan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Wischmeier (1971). Berdasarkan data pengamatan dapat dilihat bahwa nilai erodibilitas pada masing-masing plot pengamatan tidaklah berbeda secara signifikan. Plot 1, 2, 4, 5 dan 6 memiliki nilai erodibilitas berkisar antara 0,23 – 0,26 yang dikategorikan masuk dalam kelas erodibilitas sedang. Adapun yang memiliki nilai erodibilitas tertinggi adalah plot 3 dengan spesifikasi lahan sawi gulud kontur dengan nilai erodibilitas mencapai 0,38 dan masuk dalam kategori erodibilitas yang agak tinggi. Ditinjau dari data analisa tanah, plot 3 memiliki fraksi debu yang dominan dan fraksi debu yang ada di plot 3 ini adalah yang tertinggi dibandingkan dengan fraksi debu pada plot lainnya, kemudian bahan organik yang ada dilahan tersebut juga cenderung rendah. Adapun erodibilitas tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah, struktur tanah, bahan organik, dan permeabilitas (Arsyad, 2000; Purwantara dan Nursa'ban, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Wischmeier dan Mannering (1969) serta Morgan (1979) menunjukkan bahwa pasir halus dan debu merupakan partikel-partikel tanah yang berpengaruh pada kepekaan tanah terhadap erosi. Tanah akan lebih mudah tererosi apabila mempunyai kandungan debu tinggi disertai dengan bahan organik yang rendah, dan tanah dengan kandungan debu 40-60% sangat peka terhadap erosi. Data analisa tanah menunjukkan bahwa pada lahan pengamatan memiliki kandungan debu yang tinggi hingga lebih dari 40% menjadi faktor utama yang mempengaruhi nilai erodibilitas tanah pada lahan pengamatan tersebut.

3. Kelerengan (LS)

Kemiringan lereng serta panjang lereng berperan menentukan besarnya limpasan dan erosi yang terjadi setiap kejadian hujan. Perilaku petani dalam mengolah lahan dalam rangka melakukan usahatani akan memberikan dampak yang signifikan terhadap besarnya erosi. Lahan pertanian yang tanahnya diolah secara intensif dan tidak dilakukan penerapan teknik konservasi dapat dipastikan akan memiliki tingkat erosi yang lebih tinggi jika dibandingkan lahan yang diterapkan teknik konservasi.

Hasil pengukuran erosi sebelumnya menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan lereng, erosi yang terjadi juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan pendapat Arsyad (2006) bahwa semakin curam lereng maka erosi yang terjadi juga semakin besar. Tingkat bahaya erosi pada lahan hutan sangat rendah pada semua kelerengan, sedangkan penggunaan lahan untuk kebun campuran, tegalan dan semak belukar menunjukkan bahwa pada lahan dengan kelerengan 0-3% memiliki tingkat bahaya erosi rendah, pada kelerengan 3-8% memiliki tingkat bahaya erosi sedang, sedangkan pada kelerengan 8-15% tingkat bahaya erosi juga sedang. Kelerengan yang curam mengakibatkan besarnya bahaya erosi dan juga diakibatkan oleh curah hujan. Berikut adalah hasil pengukuran faktor kelerengan pada lahan pengamatan yang diukur hitung dengan metode nomograph yang dikembangkan oleh USDA (1978) dimana teknis perhitungan menggunakan nomograph ini disajikan dalam Lampiran 3. Berikut adalah hasil pengukuran faktor kelerengan yang disajikan dalam Tabel 13 :

Tabel 13. Hasil Pengamatan Faktor Kelerengan

Lokasi	Plot	L (feet)	S (%)	Kelas Kelerengan	LS
Kekep	1	59,94	43	Curam	11
	2	41,99	26	Curam	4,1
	3	109,87	22	Curam	2,2
	4	80,8	38	Curam	10
Tulungrejo	5	37,82	18	Agak curam	2,08
	6	48,03	15	Landai	1,9

Keterangan:

Plot 1 : Hutan lindung

Plot 2 : Kebun apel

Plot 3 : Sawi gulud searah kontur

Plot 4 : Sawi teras

Plot 5 : Kentang gulud searah lereng

Plot 6 : Sawi gulud searah lereng

L : Panjang lereng (m)

S : Tingkat kelerengan (%)

LS : Faktor kelerengan

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di lapangan didapatkan 3 kelas kelerengan, yaitu landai, agak curam dan curam. Plot 6 dikategorikan kelerengan landai, plot 3 dan 5 terkategori agak curam, plot 1, 2, dan 4 dikategorikan dalam kelas kelerengan yang curam. Topografi berperan dalam menentukan kecepatan dan volume limpasan permukaan. Kemiringan dan panjang lereng adalah dua sifat topografi yang paling berpengaruh terhadap limpasan permukaan dan erosi (Arsyad, 2010). Topografi atau bentuk lahan mempunyai korelasi langsung terhadap limpasan permukaan (*runoff*) dan aliran air bumi, semakin tinggi kelerengan akan berpengaruh terhadap semakin besarnya limpasan

permukaan (*runoff*) dan aliran air bumi. Tanah, geologi dan geomorfologi dari suatu DAS, berfungsi sebagai faktor kontrol terhadap besar kecilnya infiltrasi, kapasitas penahan air dan aliran air bumi (BPDAS Jeneberang Walanae, 2010).

4. Vegetasi (CP)

Pengukuran faktor erosi vegetasi pada kawasan sub-DAS Brantas Hulu berkaitan dengan adanya perubahan penggunaan lahan oleh penduduk setempat. Penduduk sekitar Sub-DAS Brantas hulu umumnya berprofesi sebagai petani tanaman hortikultura dan tanaman perkebunan. Pesatnya perkembangan pertanian pada kawasan hulu dan juga permintaan pasar yang besar akan hasil pertanian hortikultura seperti sayur, dan buah mendorong terjadinya *ekstensifikasi* pertanian yang menyebabkan adanya perubahan penggunaan lahan dari lahan yang dulunya adalah hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan. Banyaknya lahan pertanian yang tidak sesuai dengan karakteristik lahan yang digunakan untuk budidaya tanaman hortikultura perlu untuk mendapatkan perhatian karena dapat menimbulkan kerugian dalam hal keseimbangan ekosistem DAS sehingga fungsi DAS terganggu. Konservasi pada lahan dengan tingkat kemiringan lahan yang tergolong curam perlu diperhatikan. Salah satu penyebab pengelolaan lahan yang tidak sesuai dengan kesesuaian lahan merupakan salah satu akibat dari kurangnya informasi dan pengetahuan yang dimiliki petani, karena konsep dasar yang digunakan petani di kawasan hulu DAS Brantas adalah memanfaatkan lahan agar bisa digunakan untuk bercocok tanam dan mendapatkan hasil yang sebesar-besarnya. Pada usaha rehabilitasi lahan dan konservasi tanah lebih menitik beratkan pada usaha yang dapat merangsang partisipasi masyarakat dalam meningkatkan kemampuan mengolah tanah serta upaya pelestarian tanah yang diolah. Masalah usaha tani di daerah berlereng adalah terjadinya erosi yang semakin besar bila tidak diringi dengan teknik konservasi. Erosi sangat merugikan produktivitas lahan karena dalam waktu singkat lapisan tanah atas yang subur akan hilang. Kerusakan tanah akibat kehilangan unsur hara dapat diperbaiki dengan penambahan pupuk yang tepat, namun bila kerusakan tersebut diakibatkan oleh kehilangan fungsi produksi dan hidrologi maka untuk memperbaikinya memerlukan waktu yang lama. Berikut adalah tabel hasil pengukuran faktor vegetasi dengan metode pengukuran menurut Abdurrachman (1984) yang disajikan dalam Tabel 14:

Tabel 14. Hasil Pengamatan Faktor Vegetasi

Lokasi	Plot	C		P		CP		Sumber
		Indeks	Nilai	Indeks	Nilai	Indeks	nilai	
Kekep	1	-	-	-	-	Hutan tak terganggu	0,01	Abdurrachman (1984)
	2	-	-	-	-	Kebun dengan penutupan tanah sebagian	0,07	
	3	Tanaman tegalan	0,83	Kemiringan >20%	0,9	-	0,75	
	4	Tanaman tegalan	0,96	Teras bangku baik	0,2	-	0,19	
Tulung-rejo	5	Tanaman kentang searah lereng	1	Kemiringan 9-20%	0,75	-	0,75	
	6	Tanaman tegalan	0,76	Kemiringan 9-20%	0,75	-	0,57	

Keterangan : Plot 1 : Hutan lindung, Plot 2 : Kebun apel, Plot 3 : Sawi gulud searah kontur, Plot 4: Sawi teras, Plot 5 : Kentang gulud searah lereng, Plot 6 : Sawi gulud searah lereng, C : Vegetasi, P: Pengolahan lahan yang diterapkan di lahan, CP : Faktor vegetasi

Penentuan faktor vegetasi (CP) berdasarkan data yang dihimpun dari Asdak (2002). Dalam penentuan nilai faktor CP yang ada di sumber tersebut disesuaikan dengan kondisi vegetasi dengan iklim yang ada di Indonesia. Dapat dilihat bahwa perlakuan vegetasi kentang dengan teknik konservasi lahan gulud searah lereng memiliki tingkat erosi lahan yang tertinggi dengan nilai 0,75 dan lahan dengan perlakuan hutan lindung memiliki tingkat erosi paling rendah dengan nilai 0,01.

4.2.2.1. Hasil Pengukuran Erosi

Metode perkiraan erosi dapat juga digunakan sebagai alat penilai apakah suatu tindakan konservasi tanah telah berhasil mengurangi erosi dari suatu daerah aliran sungai (DAS). Salah satu metode perkiraan erosi adalah yang dikenal dengan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978). USLE adalah suatu model erosi yang dirancang untuk memprediksi erosi rata-rata jangka panjang dari erosi lembar atau alur di bawah keadaan tertentu. USLE juga bermanfaat untuk tanah tempat bangunan dan penggunaan non-pertanian tetapi tidak dapat memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai (Arsyad, 2010). Berikut adalah hasil pengukuran erosi dengan metode pendugaan USLE yang disajikan dalam Tabel 15:

Tabel 15. Hasil Pengukuran Erosi Metode USLE

Lokasi	Plot	Nilai Erosi Setiap Bulan (ton.ha ⁻¹)				Total
		Februari	Maret	April	Mei	
Kekep	1	4,50	5,41	7	0,31	17,21
	2	13,81	17,27	20,07	1,26	52,41
	3	107,39	170,95	146,83	10,89	436,07
	4	89,57	72,20	136,91	7,28	305,97
Tulungrejo	5	100,32	119,94	147,85	16,75	384,86
	6	71,02	80,96	89,47	9,95	251,39

Keterangan :

Plot 1 : Hutan lindung

Plot 4 : Sawi teras

Plot 2 : Kebun apel

Plot 5 : Kentang gulud searah lereng

Plot 3 : Sawi gulud searah kontur

Plot 6 : Sawi gulud searah lereng

Pengamatan yang telah dilakukan wilayah pengamatan dibagi antara 2 wilayah, yaitu Kekep dan Tulungrejo. Pembagian wilayah ini dimaksudkan untuk menyamakan curah hujan dan jumlah hari hujan yang terjadi selama pengamatan dilakukan. Dapat dilihat pada wilayah pengamatan Kekep plot 3 dengan perlakuan sawi gulud searah kontur memiliki tingkat erosi yang paling tinggi jauh dibandingkan plot lainnya. Jika diamati plot 4 dengan perlakuan sawi teras yang memiliki kelerengan paling tinggi dengan nilai kelerengan 38% tercatat memiliki tingkat erosi yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan lahan yang menggunakan perlakuan gulud searah kontur dengan kelerengan sebesar 22%. Hal ini menunjukkan bagaimana teknik konservasi yang diterapkan pada lahan dengan kelerengan yang curam dapat menekan angka kejadian erosi pada lahan tersebut. Hasil pengamatan ini selaras dengan Suripin (2002), erosi akan meningkat seiring akan meningkatnya panjang dan kemiringan lereng. Pada lahan datar percikan air hujan melempar partikel tanah kesegala arah secara acak, pada lahan miring partikel tanah akan lebih banyak terlempar kearah bawah daripada kearah atas, dengan proporsi makin besar dengan meningkatnya kemiringan lereng. Selanjutnya semakin panjang lereng semakin banyak juga air yang akan terakumulasi, sehingga air permukaan semakin tinggi kedalam maupun kecepatannya. Kombinasi kedua partikel ini tidak sekedar proposional kemiringan lereng akan tetapi meningkat secara drastis dengan meningkatnya panjang lereng.

Wilayah pengamatan Tulungrejo diwakili dengan pengamatan plot 5 dengan perlakuan kentang gulud searah lereng dan plot 6 dengan perlakuan sawi gulud searah lereng. Nilai erosi diantara kedua perlakuan tidak jauh berbeda, akan tetapi perlakuan kentang gulud searah lereng memiliki kecenderungan kejadian

erosi yang lebih besar dibandingkan dengan sawi gulud searah lereng. Hal ini menunjukkan bahwa peran vegetasi mempengaruhi erosi yang terjadi pada lahan. Hal ini sesuai dengan Suripin (2002), Pengaruh vegetasi terhadap laju erosi adalah vegetasi mampu menangkap atau intersepsi air hujan, sehingga energi kinetiknya tidak langsung menghantam permukaan tanah. Pengaruh intersepsi air hujan oleh tumbuhan pada erosi melalui dua cara yaitu memotong secara langsung air hujan sehingga tidak langsung jatuh ke permukaan tanah dan memberikan kesempatan penguapan secara langsung dari dedaunan dan dahan, sehingga dapat meminimalkan pengaruh negatif pada struktur tanah. Tanaman penutup mengurangi energi aliran, meningkatkan kekasaran sehingga mengurangi kecepatan limpasan permukaan dan selanjutnya memotong limpasan permukaan untuk melepas dan memotong limpasan permukaan untuk melepas dan mengangkut partikel sedimen.

4.3. Perbandingan Metode Pengukuran Plot Erosi dan Metode USLE

Metode pengukuran erosi plot erosi dan USLE merupakan suatu yang berbeda dalam penerapan pencarian data erosi. Metode USLE menggunakan nilai faktor-faktor erosi untuk mendapatkan nilai erosi, sedangkan metode pengukuran plot erosi menggunakan cara dengan menampung erosi yang terjadi dilahan setiap kejadian hujannya. Secara metode seharusnya metode pengukuran erosi menggunakan plot erosi memiliki keakuratan yang terbaik jika dibandingkan USLE karena dengan metode pengukuran plot erosi setiap tanah yang ikut terlimpas bersama air limpasan akan ditampung sehingga diharapkan erosi pada satuan lahan dapat dideteksi seakurat mungkin. Berikut adalah hasil perbandingan pengukuran erosi menggunakan metode plot erosi dan metode USLE yang disajikan pada Tabel 16:

Tabel 16. Perbandingan Tingkat Erosi Lahan Diukur Menggunakan Metode Plot Erosi dan USLE

Lokasi	Plot	Nilai Erosi Total (ton.ha ⁻¹)	
		Plot Erosi	USLE
Kekep	1	0,03	17,21
	2	6,02	52,41
	3	241,38	436,07
	4	3,40	305,97
Tulungrejo	5	70,98	384,86
	6	2,71	251,39

Keterangan: Plot 1 : Hutan lindung, Plot 2 : Kebun apel, Plot 3 : Sawi gulud searah kontur, Plot 4 : Sawi teras, Plot 5 : Kentang gulud searah lereng, Plot 6 : Sawi gulud searah lereng

Hasil pengamatan plot erosi selama Februari hingga Mei dibandingkan dengan pendugaan erosi USLE menunjukkan besaran erosi yang berbeda. Dapat dilihat bahwa pengukuran erosi menggunakan metode plot erosi menghasilkan data erosi yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan pendugaan erosi menggunakan metode USLE. Pada pengukuran erosi menggunakan metode pengukuran plot erosi didapati hasil erosi terendah terjadi pada plot dengan perlakuan hutan lindung sedangkan plot dengan perlakuan sawi gulud searah kontur memiliki tingkat erosi yang tertinggi. Hasil pengukuran menggunakan metode USLE mencatatkan sama seperti yang ada pada pengamatan menggunakan metode plot erosi, tingkat erosi lahan terkecil dapat didapati di plot dengan perlakuan hutan lindung, dan plot dengan perlakuan sawi gulud searah kontur memiliki tingkat erosi yang tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa plot hutan lindung sangatlah tepat dijadikan sebagai perlakuan kontrol karena menunjukkan kondisi ideal secara vegetasi dan teknik konservasi. Pada pengamatan lahan dengan mempertimbangkan aspek pengolahan lahan, dapat dilihat bahwa plot dengan perlakuan sawi teras memiliki tingkat erosi paling rendah dibandingkan plot lainnya. Sedangkan dengan mempertimbangkan aspek pengolahan lahan, plot sawi gulud searah lereng tetap menjadi plot yang memiliki tingkat erosi lahan tertinggi baik diukur menggunakan metode USLE ataupun metode plot erosi.

Berdasarkan pengamatan erosi yang telah dilakukan terlihat bahwa pada plot pengamatan 4 dan 6 dengan perlakuan vegetasi berupa tanaman sawi memiliki hasil pengukuran erosi yang lebih kecil dibandingkan dengan erosi yang terjadi di plot 5 dengan vegetasi berupa tanaman kentang. Faktor yang membuat erosi pada vegetasi kentang lebih tinggi dibandingkan dengan erosi yang terjadi pada lahan sawi adalah teknik budidaya tanaman kentang yang tidak mengizinkan adanya genangan pada lahan budidaya sehingga petani mendesain lahan budidaya agar bisa secepat mungkin membuang air hujan yang masuk ke dalam area budidaya, hal ini tentunya membuat lahan semakin cepat melimpaskan air permukaan. Dampak dari besarnya aliran permukaan yang terjadi tentunya akan membuat energi air untuk merusak tanah lebih besar sehingga peluang terjadi erosi meningkat. Plot 4 dengan vegetasi sawi memiliki tingkat kelerengan lahan hingga 38% yang dikategorikan dalam kelas kelerengan yang curam justru memiliki tingkat erosi yang paling kecil.

Seperti yang diketahui plot 4 menggunakan teknik konservasi teras bangku baik, ini artinya penerapan teknik konservasi teras bangku mampu menekan terjadinya erosi pada lahan pertanian hingga lahan dengan kelerengan curam memiliki tingkat erosi yang masuk kategori ringan. Hal berbeda terlihat pada plot 3 dengan teknik konservasi gulud searah kontur, dimana plot 3 memiliki kelerengan yang lebih kecil dibandingkan plot 4 yaitu sebesar 22% namun memiliki tingkat erosi tertinggi dan masuk dalam kelas erosi sangat berat. Perbandingan erosi yang terjadi pada lahan dengan penerapan teknik konservasi yang berbeda ini memberikan gambaran pentingnya pemilihan penerapan teknik konservasi pada lahan tanaman semusim guna menekan terjadinya erosi.

Melihat hasil pengukuran erosi menggunakan kedua metode, didapati hasil pengukuran erosi menggunakan persamaan USLE memiliki nilai pengukuran yang berbeda jauh dibandingkan hasil pengukuran menggunakan plot erosi. Hasil penelitian beberapa ahli menunjukkan meskipun persamaan USLE merupakan persamaan yang paling sering digunakan oleh peneliti untuk memprediksi erosi yang terjadi pada suatu lahan akan tetapi persamaan ini memiliki kelemahan. Salah satu kelemahan yang dimiliki oleh persamaan USLE seperti yang dikemukakan oleh Nearing (1994), model pengukuran USLE dinilai tidak efektif apabila diaplikasikan diluar kisaran kondisi dimana model tersebut dikembangkan. Kemudian Van der Poel dan Subagyono (1998) menambahkan bahwa persamaan USLE memiliki over estimasi hingga mencapai 2000% yang disebabkan oleh adanya subjektivitas penggunaan data atau karena penggunaan peta skala kecil. Meskipun disadari adanya beberapa kelemahan ataupun keterbatasan dari model-model empiris, khususnya USLE, sampai saat ini telah dan masih diaplikasikan secara luas di seluruh dunia karena model USLE mudah dikelola, relatif sederhana dan jumlah masukan atau parameter yang dibutuhkan relatif sedikit dibandingkan dengan model-model lainnya yang bersifat lebih kompleks (ICRAF, 2001; Schmitz dan Tameling, 2000). Kemudian, Undang Kurnia (1986) mengkritisi tentang pengukuran tiap parameter yang digunakan untuk mengestimasi besaran erosi yang terjadi pada lahan dengan menggunakan metode USLE dengan menyebutkan bahwa validasi antar parameter USLE termasuk parameter erodibilitas tanah masih banyak dipertanyakan. Pernyataan ini diperkuat oleh Bradford *et. al.* (1987) yang

menyatakan bahwa prediksi faktor erodibilitas tanah dengan menggunakan metode USLE memiliki sifat yang terbatas, yaitu hanya *valid* untuk tanah-tanah tertentu. Model USLE juga tidak memperhitungkan kondisi permukaan tanah yang bisa berubah secara temporal.

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan pengukuran erosi antara metode USLE dan plot erosi untuk mengetahui apakah hasil pengukuran USLE menghasilkan data pengukuran yang valid untuk diterapkan di kawasan Sub-DAS Brantas hulu dengan menggunakan uji T berpasangan dengan taraf 0,05. Setelah melakukan perbandingan kedua metode dengan melakukan uji T berpasangan didapatkan nilai 0,016. Hasil uji menggunakan uji T berpasangan ini membuktikan bahwa pengukuran erosi menggunakan metode pengukuran plot erosi dan metode USLE yang dikembangkan oleh Wischmeier memiliki perbedaan yang nyata. Artinya pengukuran atau pendugaan tingkat erosi lahan dengan metode USLE memiliki hasil pengukuran yang tidak sebaik hasil pengukuran erosi dengan menggunakan metode pengukuran plot erosi saat diterapkan untuk melakukan pengukuran erosi lahan di daerah Sub-DAS Brantas hulu. Seperti yang diketahui hasil pengukuran erosi dengan kedua metode tersebut menghasilkan nilai yang berbeda sangat jauh. Merujuk dari pernyataan Van Der Poel dan Subagyo (1998) bahwa estimasi nilai erosi menggunakan persamaan USLE dapat menghasilkan *over* estimasi hingga 2000% terbukti dalam penelitian di Sub-DAS Brantas hulu ini. Penggunaan metode USLE untuk mengestimasi nilai erosi pada kawasan Sub-DAS Brantas hulu nyatanya tidak efektif untuk digunakan karena menghasilkan nilai erosi yang *over* estimasi. Metode ini mungkin bisa diterapkan pada kawasan yang memiliki kondisi mirip dengan dimana metode ini dikembangkan, ataupun perlu penelitian lebih lanjut untuk menentukan nilai tiap faktor erosi yang digunakan agar metode USLE bisa digunakan pada kawasan Sub-DAS Brantas hulu.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengamatan erosi yang telah dilaksanakan mendapatkan hasil bahwa lahan dengan teknik konservasi teras bangku memiliki tingkat erosi yang paling rendah dengan nilai $3,40 \text{ ton.ha}^{-1}$ dan lahan dengan teknik konservasi sawi gulud searah kontur memiliki tingkat erosi tertinggi dengan nilai $241,38 \text{ ton.ha}^{-1}$.
2. Penerapan teknik konservasi lahan teras bangku terbukti mampu menekan nilai erosi yang terjadi pada suatu lahan pertanian yang aktif dilakukan usaha budidaya, hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran erosi lahan sawi teras bangku yang memiliki nilai erosi terendah.
3. Hasil uji T berpasangan menunjukkan hasil pengamatan erosi menggunakan metode USLE ternyata menghasilkan data yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan pengukuran erosi menggunakan plot erosi dan data yang dihasilkan dari pengukuran USLE cenderung over estimasi.

5.2. Saran

1. Setelah dilakukan penelitian mengenai erosi pada lahan dengan beberapa penggunaan lahan dan komoditas berbeda dengan kondisi lahan seperti Sub-DAS Brantas hulu yang memiliki tingkat kelerengan yang beragam dan curah hujan yang tinggi akan lebih baik apabila teknik konservasi lahan yang diterapkan adalah teknik konservasi lahan teras bangku.
2. Perlu dilakukan pengukuran erosi dengan metode USLE dengan durasi pengamatan satu tahun untuk mengetahui efektifitas penggunaan metode ini jika digunakan untuk pengukuran tahunan.
3. Perlu dilakukan pengamatan menggunakan metode USLE dengan skala SPL untuk melihat perbandingannya dengan pengamatan skala plot.
4. Pengukuran erosi menggunakan metode pengukuran plot erosi akan lebih baik lagi apabila diketahui durasi hujan yang terjadi di setiap waktunya.
5. Perlu dilakukan kajian mengenai peletakan alat penampung pada plot pengamatan untuk efektifitas penampungan limpasan erosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., M. Husein S., Dariah, A., dan Irfan B.P. 1995. Analisis agroekosistem di DAS Cimanuk, Desa Cibugel, Kecamatan Cibugel, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. hlm. 135-157 dalam Prosiding Lokakarya Pembahasan Hasil Penelitian 1994/1995 Analisis Agroekosistem dan Pengelolaan DAS dan Rencana Penelitian 1995/1996. Cipayung.
- Agus, F., A. Abdurachman, A. Rachman, Sidik H.T., Dariah A., B.R. Prawiradiputra, B. Hafif, dan S. Wiganda. 1999. Teknik Konservasi Tanah dan Air. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat. Departemen Kehutanan.
- Agus, F., dan Widiyanto. 2004. Konservasi Tanah Pertanian Lahan Kering. Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF.
- Anonimous. 2006. Studi Detil Konservasi Sub DAS Sumber Brantas. Laporan Akhir PT Ika Adya Perkasa. Induk Pelaksana Kegiatan Pengembangan Wilayah Sungai Kali Brantas, Direktorat Jendral Sumberdaya Air, Departemen Pekerjaan Umum.
- Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah dan Air. Edisi Kedua. Bogor: IPB Press.
- Banuwa, I.S. 2008. Pengembangan Alternatif Usahatani Berbasis Kopi Untuk Pembangunan Pertanian Lahan Kering Berkelanjutan Di DAS Sekampung Hulu. Disertasi Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Beasley, R.P., J.M. Gregory, dan Mc. Carty, T.R. 1984. Erosion and Sediment Pollution Control. 2 th.
- BMKG. 2017. Mei-Juni-Juli Memasuki Musim Kemarau Indonesia (<https://www.bmkg.go.id/berita/?p=mei-juni-juli-memasuki-awal-musim-kemarau-2017&lang=ID&tag=berita-utama>) (diakses tanggal 19 September 2018).
- BPDAS Brantas. 2014. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Masyarakat Sejahtera.
- Bradford, J.M., J.E.W. Ferris, dan F.A. Remley. 1987. Interil Soil Erosion Process: I. effect of Splash Detachment to Soil Properties. Soil Sci. Am. J. 51: 1.571-1.574
- Cahyono, B. 2003. Teknik dan Strategi Budidaya Sawi Hijau (Pai-Tsai). Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Dira, A. 2010. Morfologi Tanah Andosol dan Latosol. Skripsi Sarjana. Universitas Pembangunan Nasional, Surabaya. <http://eprints.upnjatim.ac.id> (Diakses tanggal 10 Juli 2018).
- Hammer. 1981. Second Soil Conservation Consultant Report. AGOVINS/78/006. Tech. Note No. 10 Center For Soil Research, Bogor, Indonesia.
- Hanafiah, K.A. 2007. Dasar-dasar ilmu tanah. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Hardiyatmo, H.C. 2006. Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hudson, N. 1995. Soil Conservation. 3rd Edition. USA : Iowa States University Press.

- Ispriyanto, R., dan Mulyana, N. 2001. Aliran Permukaan dan Erosi di Area Tumpangsari Tanaman Pinus Merkusii. *Jurnal Manajemen Hutan Tropica*. 7 (1): 37-47.
- Kartasapoetra, A.G. 2005. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Kusuma, S.A. 1987. *Konservasi Sumberdaya Tanah dan Air*. Jakarta: Kalam Mulia.
- Manik, K.E.S. 2003. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: penerbit Djambatan
- Marpaung, S. 2010. Pengaruh Topografi Terhadap Curah Hujan Musiman dan Tahunan di Provinsi Bali Berdasarkan Data Observasi Resolusi Tinggi. *Prosiding Seminar Penerbangan dan Antariksa 2010, Serpong*. 15 November 2010. Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim LAPAN.
- Meyer, J.P., dan Allen, N.J. 1991. A Three-Component Conceptualization of Organizational Commitment. *Human Resource Management Review*. 1 (1): 61-89.
- Muttaqin, T. 2014. Evaluasi Kekritisan Lahan di Kawasan Lindung Kecamatan Pujon Kabupaten Malang, Jawa Timur dengan Teknologi Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Gamma ISSN 2086-3071*. 10 (1): 135-142.
- Nearing, M.A., Lane, L.J., dan Lopes, V.L. 1994. Modeling Soil Erosion. In: R.Lal (Ed) *Soil Erosion Research methods*. Soil and Water Conservation Society and St. Lucie Press Hml: 127-156.
- Nurpilihan B., Amaru, K., dan Suryadi, E. 2011. *Buku Ajar Teknik Pengawetan Tanah dan Air*. Jurusan Teknik dan Manajemen Industri Pertanian Fakultas Teknologi Industri Pertanian UNPAD. ISBN 978-602-9234-02-2. Bandung.
- Nursa'ban, M. 2006. Pengendalian Erosi Tanah Sebagai Upaya Melestarikan Kemampuan Fungsi Lingkungan. *Jurnal Geomedia*. 4 (2): 93-116.
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. 2006. *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 02 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur*.
- Priyono, C.N.S., dan Cahyono, S.A. 2004. *Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Cakupan, Permasalahan dan Upaya Penerapannya*. *Prosiding Seminar Multifungsi Pertanian dan Konservasi Sumberdaya Lahan*. ISBN 979-9474-34-5. Bogor.
- Rachman, A. 2003. *Pengaruh Pemberian Abu Terbang Batubara dan Kotoran Sapi Terhadap Sifat Kimia Tanah Podsolik dari Jasinga*. Skripsi. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Rahim, S.E. 2003. *Pengendalian Erosi Tanah dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Rafi'i, S. 1982. *Ilmu Tanah*. Bandung : Penerbit Angkasa.
- Rifqi, I.P.R., dan Sumono, N.I. 2014. Penentuan Laju Erosi pada Tanah Andepts Menggunakan Tanaman Kacang Tanah dan Teras bangku dengan Menggunakan Metode USLE dan Petak Kecil di Lahan kwala Berkala Universitas Sumatra Utara. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 3: 1-8.
- Rohmad, D., dan Soekarno, I. 2006. Formulasi Efek Sifat Fisik Tanah Terhadap Permeabilitas dan Suction Head Tanah. *Jurnal Bionatura*. 8: 1-8.

- Rukmana. 2002. Bertanam Petsai dan Sawi. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Rukmana, R. 1997. Kentang budidaya dan pasca panen. Yogyakarta : penerbit Kanisius.
- Samadi, B. 1997. Usahatani Kentang. Yogyakarta: penerbit Kanisius.
- Saifuddin, S. 1980. Beberapa Masalah Pengawetan Tanah dan Air. Bandung: Ilmu Tanah Faperta, Universitas Padjajaran.
- Schwab. 1999. Planning for Post Disaster Recovery and Reconstruction. FEMA-American.
- Sihite, R. 2000. Sanitation & Hygiene. Surabaya: Penerbit SIC.
- Sinukaban, N. 1986. Dasar-dasar Konservasi Tanah dan Perencanaan Pertanian Konservasi. Bogor: Jurusan Tanah, Institut Pertanian Bogor.
- Sukarman, A.D. 2014. Tanah Andisol Indonesia. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sunarjono, H. 2004. Bertanam Sawi dan Selada. Jakarta: Penerbit Penebar Swadaya.
- Suripin. 2002. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Susanto, K.S. 1992. Karakteristik Sub Daerah Tampung Wai Kandis Kabupaten Lampung Selatan dan Kodya Bandar Lampung. Tesis Magister. FPS-IPB. Bogor.
- Sutedjo, M.M., dan Kartasapoetra, A.G. 2002. Pengantar Ilmu Tanah. Jakarta: Penerbit Bineka Cipta.
- Suwardjo, dan N. Sinukaban. 1986. Masalah Erosi dan Kesuburan Tanah di Lahan Kering Podsolik Merah Kuning di Indonesia. Prosiding Lokakarya Usahatani Konservasi di Lahan Alang-alang Podzolik Merah Kuning. Balitbang Tan. Ditjenbun, 11-13 Feb. 1986. Palembang.
- Tafajani, D.S. 2011. Panduan Komplit Bertanam Sayur dan Buah-Buahan. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Thompson, L.M. 1957. Soil and Soil Fertility. New York: Mc. Graw-Hill Book Company Inc.
- Undang, K., Abdurrachman, A., dan Sukmana, S. 1986. Comparison of two methods in assessing the soil erodibiliti factor of selected soils in Indonesia. Pembrit Penel Tanah dan Pupuk. 5: 33-37.
- Utomo, W.H. 1989. Erosi dan Konservasi Tanah. Malang: IKIP Malang.
- Van, D.P., dan Subagyono, K. 1998. National watershed dan Management Conservation Project, the Use of the USLE in the RTL Process. Bandung.
- Wischmeier, W.H., dan D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses A Guide to Conservation Planning. USDA Agric, Handb. No 537. 58 pp.
- Wood, S.R., dan F.J. Dent. 1983. Lees A Land Evaluation Computer System Methodology. Ministry of Agr. GOI/UNDP and FAO AGOF/INSf/78/006. 5(1).
- Zulkarnain. 2009. Dasar-dasar Hortikultura. Jakarta: Bumi Akasara.