

MODIFIKASI METODE MUSLE DALAM ESTIMASI EROSI AKIBAT KEHADIRAN ALUR (*RILL*) DALAM SUATU DAS (032A)

Maimun Rizalihadi¹, Eldina Fatimah² dan Lia Nazia³

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Jl. Syech Abdul Rauf 7 Darussalam-Banda Aceh
Email: dilamalia@hotmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Jl. Syech Abdul Rauf 7 Darussalam-Banda Aceh
Email: Eldina@tdmrc.org

³Magister Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Jl. Syech Abdul Rauf 7 Darussalam-Banda Aceh
Email: Lianazia.lnz@gmail.com

ABSTRAK

Selama ini untuk memperkirakan erosi lahan digunakan metode USLE atau MUSLE. Metoda ini hanya terbatas pada estimasi erosi akibat aliran pada lahan dalam bentuk lembar (*sheet erosion*). Namun dalam suatu DAS banyak didapati alur-alur kecil yang tidak dimasukkan sewaktu mengestimasi erosi. Tujuan penelitian ini adalah untuk memodifikasi Metode MUSLE akibat kehadiran alur (*rill*) pada suatu lahan terhadap laju erosi yang terjadi. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidroteknik, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala dengan menggunakan plot uji dengan ukuran: panjang 200 cm x lebar 80 cm x tinggi 20 cm yang ditanami rumput gajah (*Penisetum purpureum*). Intensitas hujan buatan dibuat dengan menggunakan alat rainfall simulator. Erosi lahan diukur pada setiap perlakuan kemiringan lahan (0^0 , 10^0 dan 20^0), intensitas hujan (37,5, 50 dan 62,5 mm dengan durasi hujan selama 5 menit) dan kerapatan alur (0, 1, 2 dan 3 m/m²). Hasil penelitian menunjukkan bahwa erosi lahan mengalami peningkatan dengan meningkatnya kerapatan alur. Hasil pengukuran erosi yang diperoleh untuk kerapatan alur 0-3 m/m² masih lebih kecil bila dibandingkan dengan estimasi MUSLE, dimana rasio yang diperoleh berkisar antara 0,16-0,96. Namun dari model modifikasi yang dibangun menunjukkan pengaruh alur menjadi lebih besar dari estimasi MUSLE bila kerapatan alur melebihi 3 m/m². Untuk itu Metode MUSLE perlu dimodifikasi dengan memasukkan koefisien kerapatan alur pada persamaan MUSLE agar perkiraan yang diperoleh tidak menjadi over atau under estimate, sehingga perencanaan yang dilakukan menjadi lebih akurat.

Kata kunci: Erosi, *Sheet erosion*, Kerapatan alur, MUSLE, *Penisetum purpureum*, Rainfall Simulator

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan penduduk dewasa ini ikut memacu peningkatan kebutuhan baik dari jenis maupun kualitas serta kuantitas, sedangkan persediaan sumberdaya alam semakin terbatas. Keadaan dua hal yang saling bertentangan tersebut akan meningkatkan tekanan manusia atas sumberdaya alam secara berlebihan dan cenderung merusak, sehingga akan menurunkan kualitas sumberdaya alam yang ada. Salah satu sumberdaya alam utama yang mempunyai pengaruh besar terhadap kehidupan manusia adalah tanah dan air. Penggunaan lahan di daerah tangkapan yang tidak sesuai dengan daya dukungnya atau mengabaikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air akan mengalami kerusakan atau degradasi akibat proses erosi. Di satu sisi, erosi dapat menyebabkan hilangnya tanah lapisan atas (*top soil*) dan unsur-unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Di sisi lain, tanah yang tererosi secara kumulatif akan meningkatkan endapan sedimen pada sungai atau waduk. Hal ini menjadi permasalahan yang serius karena dapat berdampak negatif terhadap daya dukung tanah sendiri, maupun keseimbangan air yang ada di sungai atau waduk. Untuk itu, maka diperlukan suatu kajian tentang erosi, sehingga upaya perbaikan dan konservasi tanah dan air dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.

Selama ini dalam memperkirakan erosi lahan dapat dilakukan dengan menggunakan metode USLE dan MUSLE. Metoda ini hanya terbatas pada estimasi erosi pada lahan dalam bentuk lembar (*sheet erosion*). Kenyataan dapat dilihat bahwa tidak semua lahan mempunyai bentuk lembar yang seutuhnya, namun pada lahan tersebut ditemui alur-alur (*rill*). Kehadiran alur ini tentunya akan mempengaruhi erosi pada lahan tersebut. Erosi semacam ini dikenal sebagai erosi alur (*rill erosion*). Mancilla (2005), mengatakan bahwa sekitar 90% erosi tanah yang terjadi di beberapa wilayah di Amerika Serikat disebabkan oleh erosi alur (*rill erosion*). Hasil ini diperoleh dari pengamatan kecepatan aliran yang dilakukan untuk berbagai kondisi bentuk alur. Nissen (2004) dalam Zegeye (2009), jika

dibandingkan dengan erosi permukaan, erosi alur mempunyai karakteristik yang berbeda. Erosi alur menghilangkan lebih banyak tanah lapisan atas (*top soil*) dibanding dengan erosi permukaan. Namun, kedua penelitian di atas tidak memberikan besaran kuantitatif dari peningkatan jumlah erosi yang terjadi akibat kehadiran alur-alur pada lahan tersebut, bila dibandingkan dengan metoda estimasi USLE dan MUSLE. Selanjutnya penelitian di atas juga tidak memberi gambaran yang jelas tentang pengaruh kerapatan dari alur-alur terhadap erosi yang terjadi.

Selanjutnya, Rizalighadi (2012), menyatakan bahwa kehadiran alur dapat mempengaruhi estimasi erosi lahan, sehingga metode USLE perlu dimodifikasi dengan memasukkan angka kalibrasi bila lahan yang digunakan mempunyai alur. Atas dasar kekurangan dan kelemahan dari penelitian diatas, maka diperlukan penelitian lanjutan untuk memasukkan variabel kerapatan alur dalam mengkaji erosi lahan dengan menggunakan metode MUSLE.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memodifikasi metode MUSLE akibat kehadiran alur (*rill*) pada suatu lahan, sehingga estimasi erosi lahan dengan metode MUSLE menjadi lebih akurat. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan demi pengembangan ilmu, khususnya erosi dan sedimentasi. Selanjutnya sebagai masukan untuk pengguna yang terlibat langsung dalam mengantisipasi proses sedimentasi yang terjadi di dalam waduk maupun sungai disamping dalam rangka upaya konservasi tanah dan air di masa yang akan datang.

2. TELAHAH KEPUSTAKAAN

Erosi Tanah

Menurut Utomo (1987) dalam Hadiharyanto (2003), erosi tanah pada dasarnya adalah proses perataan kulit bumi yang meliputi proses pelepasan, pengangkutan dan pengendapan butir-butir tanah. Untuk di Indonesia yang beriklim tropis basah maka proses erosi tanah lebih banyak disebabkan oleh air, akibat hujan yang turun di atas permukaan bumi.

Berdasarkan proses terjadinya, erosi tanah dapat dibedakan kedalam bermacam-macam bentuk antara lain (Asdak, 2004) :

1. Erosi percikan (*splash erosion*), yaitu proses terkelupasnya partikel-partikel tanah bagian atas oleh tenaga kinetik air hujan bebas atau sebagai air lolos. Tenaga kinetik tersebut ditentukan oleh dua hal, massa dan kecepatan jatuh air.
2. Erosi kulit (*sheet erosion*), adalah erosi yang terjadi ketika lapisan tipis permukaan tanah di daerah berlereng terkikis oleh kombinasi air hujan dan air larian (*runoff*).
3. Erosi alur (*rill erosion*), adalah pengelupasan yang diikuti dengan pengangkutan partikel-partikel tanah oleh aliran *runoff* yang terkonsentrasi di dalam saluran-saluran air.
4. Erosi parit (*gully erosion*), adalah erosi yang dapat membentuk jajaran parit yang lebih dalam dan lebar dan merupakan tingkat lanjutan dari erosi alur.
5. Erosi tebing sungai (*streambank erosion*), adalah pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan penggerusan dasar sungai oleh aliran air sungai.

Model Prediksi Erosi Tanah

Menurut Wischmeir (1972) dan Wischmeir (1978), erosi tanah dapat dimodelkan dengan memasukkan faktor-faktor iklim, kondisi tanah, topografi lahan serta perilaku manusia pada lahan tersebut, dimana faktor-faktor tersebut menjadi variabel utama dalam erosi lahan seperti pada persamaan di bawah ini.

$$A = f(C, S, T, V, H) \quad (1)$$

dimana : A adalah besar erosi, C adalah iklim (*climate*), S adalah sifat-sifat tanah (*soil*), T adalah topografi, V adalah vegetasi, dan H adalah peranan manusia (*human activities*).

Berdasarkan faktor-faktor di atas, model-model penduga erosi dapat dibangun dalam bentuk persamaan empiris. Model prediksi erosi yang merupakan contoh dari persamaan empiris antara lain adalah metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE), perbaikan dari model USLE yaitu *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) dan pengembangan dari USLE yaitu MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*).

Metoda USLE

Metoda USLE adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi rata-rata erosi tanah dalam jangka panjang dari suatu areal usaha tani dengan sistem pertanaman dan pengelolaan tertentu (Wischmeir, 1978). Metoda ini sebagai suatu persamaan hanya dapat menduga besar erosi tanah tahunan yang berasal dari erosi permukaan yang terjadi pada bagian profil bentang lahan (*landscape*) dan tidak dapat menghitung deposisi yang terjadi. USLE juga tidak diperuntukkan untuk menghitung hasil sedimen yang berada pada hilirnya maupun bentuk erosi *gully*.

Sebelum USLE dikembangkan lebih lanjut, perkiraan besarnya erosi ditentukan berdasarkan data atau informasi kehilangan tanah di suatu tempat tertentu. Dengan demikian, perkiraan besarnya erosi tersebut dibatasi oleh faktor-

faktor topografi/geologi, vegetasi dan meteorologi (Asdak, 2004). Model prediksi erosi USLE menggunakan persamaan empiris sebagai berikut (Wischmeir, 1978):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (2)$$

dimana : A = banyaknya tanah tererosi (ton/ha/tahun), R = faktor curah hujan, yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan. (KJ/ha), K= faktor erodibilitas tanah (ton/KJ), LS = faktor panjang-kemiringan lereng, tidak berdimensi, C = faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman (-) dan P = faktor tindakan konservasi tanah (-).

Metoda RUSLE

Dengan semakin banyaknya data dan informasi yang dihasilkan dari penelitian dan percobaan, para ahli konservasi tanah Amerika Serikat terus melakukan penyempurnaan terhadap USLE, yang berakhir dengan dikembangkannya RUSLE (**Revised USLE**), (Toy, 1998). Model RUSLE masih tetap mempertahankan struktur dasar persamaan USLE. RUSLE adalah suatu model erosi yang didesain untuk memprediksi besarnya erosi tahunan (A) oleh aliran permukaan dari suatu bentang lahan berlereng (*field slope*) dengan tanaman dan sistem pengelolaan tertentu. RUSLE telah digunakan juga untuk memprediksi besarnya erosi dari padang rumput (*rangelands*) dan lahan non-pertanian seperti lahan untuk bangunan (Renard et al. 1997)..

Metoda MUSLE

Model USLE dan RUSLE hanya dapat memperkirakan rata-rata erosi tanah tahunan dalam jangka panjang dan tidak dapat menghitung deposisi sedimen. Pada MUSLE (**Modified Universal Soil Loss Equation**) deposisi sedimen dapat diperkirakan karena model MUSLE mengganti faktor energi hujan (*rainfall energy*) menjadi faktor aliran permukaan (*runoff energy*). Prediksi hasil sedimen meningkat karena aliran permukaan adalah fungsi dari *antecedent moisture condition* (AMC) sama halnya dengan energi hujan (Zhang, 2008). Dengan memasukkan faktor *runoff* sebagai faktor independen dalam pemodelan erosi MUSLE dapat meningkatkan akurasi prediksi erosi tanah atas USLE dan RUSLE. Sehingga secara umum persamaan MUSLE dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = 11,8 \times (Q \times q_p)^{0,56} \times K \times LS \times C \times P \quad (3)$$

dimana : Y= hasil sedimen (ton), Q = total volume aliran permukaan (m³), q_p = debit puncak (m³/s), K = faktor erodibilitas tanah, LS= faktor panjang dan kemiringan lereng (-), C = penutupan tanah oleh tanaman (-), dan P = faktor pendukung tindakan konservasi (-).

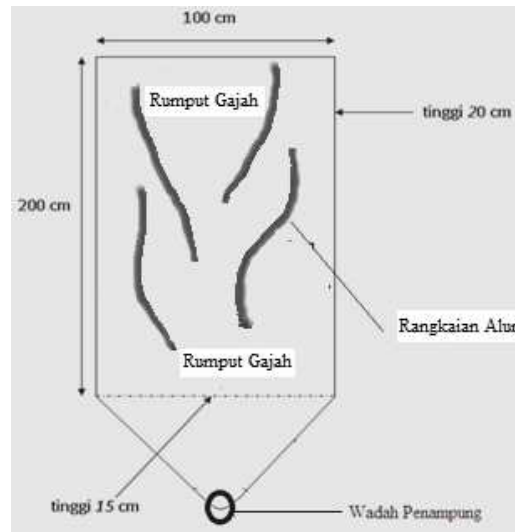
3. METODOLOGI PENELITIAN

Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi pengadaan bahan, persiapan peralatan dan persiapan plot pengujian, pemasangan dan kalibrasi alat *rainfall simulator*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: Air, Tanah, dan Vegetasi. Sedangkan peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini terdiri dari: *Rainfall simulator Merek Landloch*, Plot uji, Wadah Penampung, Botol Sampel, Alat Penakar hujan, dan *Stopwatch*.

Set up Eksperimen

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidroteknik, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Plot uji sebagai media pengamatan dirancang dengan menggunakan wadah dengan ukuran 200 cm x 80 cm x 20 cm yang diisi tanah dan ditanami rumput rumput gajah (*Penisetum purpureum*), seperti yang terlihat pada Gambar 1. Erosi lahan diukur dan dikaji pada setiap perlakuan kemiringan lahan dengan rentang antara 0°, 10° dan 20° dengan intensitas hujan lebat 37,5, 50, dan 62,5 mm per 5 menit dan kerapatan alur yang bervariasi antara 0 (tanpa alur), 1, 2, dan 3 m/m².



Gambar 1. Lay Out Plot Uji

Analisa Data

Analisa yang dilakukan terhadap data yang diperoleh dari pengukuran uji plot, yakni;

1. Estimasi erosi lahan dengan menggunakan persamaan MUSLE.
2. Membangun model Modifikasi MUSLE dari hasil pengukuran dan estimasi erosi.

Untuk menghitung erosi yang terjadi dengan menggunakan metoda MUSLE dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (3). Parameter K, LS, C dan P yang digunakan berasal dari kondisi lahan pada plot uji.

Model erosi modifikasi MUSLE dapat dituliskan seperti persamaan berikut:

$$Y_m = CY_e \quad (4)$$

dimana: Y_m = erosi hasil model (gr/m^2), Y_e = erosi hasil MUSLE (gr/m^2), C = koefisien modifikasi.

Untuk menguji kesesuaian persamaan (4) di atas maka perlu dilakukan analisa koefisien korelasi. Koefisien korelasi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{m_i} - Y_m)(Y_{e_i} - Y_e)}{\left[\sum_{i=1}^n (Y_{m_i} - Y)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (Y_{e_i} - Y_e)^2 \right]^{1/2}} \quad (5)$$

Koefisien korelasi menunjukkan berapa jauh korelasi antara kedua variabel di atas, dimana harga berada dalam range -1 dan 1. Semakin harga R menuju -1 atau 1, maka semakin kuat hubungan antara model dan estimasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah

Pemeriksaan sifat-sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Unsyiah, yang meliputi pemeriksaan berat volume tanah dan analisa erodibilitas untuk mengetahui persentase pasir sangat halus, debu dan liat, kandungan bahan organik, permeabilitas dan struktur tanah. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kandungan pasir sangat halus 6%, liat 33%, debu 46% dan kandungan bahan organik 2,51%. Selanjutnya memiliki indeks permeabilitas 5 dan indeks struktur 4. Tanah yang digunakan mempunyai sifat menggumpal dan daya lulus air yang agak lambat, karena permeabilitasnya 1 cm/jam akibat kandungan butiran sangat halus sangat dominan. Sehingga tanah ini dapat digolongkan dalam jenis tanah lempung-liatan.

Pemeriksaan Sifat Fisik Vegetasi

Jenis vegetasi yang digunakan adalah rumput gajah (*Penisetum purpureum*). Tanaman rumput ini mempunyai sifat-sifat fisik, antara lain; mempunyai daun yang berukuran lebar 0,5 – 1 cm dan panjang 5 – 15 cm, dengan kedalaman daerah perakaran 3 – 7 cm. Rumput ini mempunyai anyaman akar yang rapat dan tingkat penutupan tanah yang sempurna.

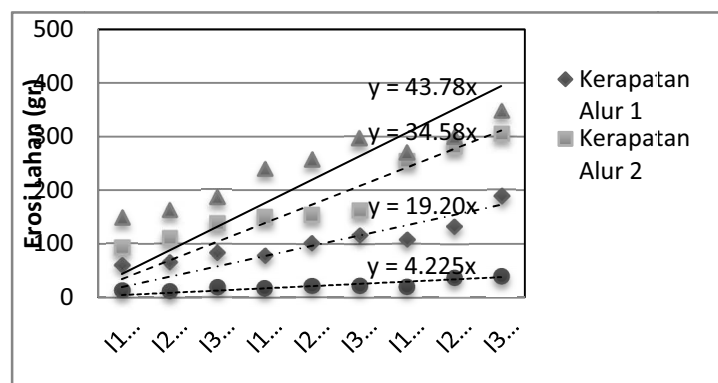
Pengukuran Erosi Lahan

Tabel 1. Merupakan hasil pengukuran erosi lahan pada setiap perlakuan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa erosi lahan meningkat dengan meningkatnya intensitas hujan dan kemiringan lereng serta kerapatan alur pada lahan.

Tabel 1. Hasil pengukuran Erosi Lahan

Intensi tas Hujan (I) mm/5 mnt)	Kerapatan Alur (<i>Rill Density</i>)											
	RD = 0 m/m ²			RD = 1 m/m ²			RD = 2 m/m ²			RD = 3 m/m ²		
	Kemiringan Lereng (S)											
	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°
37.50	13.86	17.30	20.54	59.97	77.96	107.94	92.95	149.91	254.85	149.91	239.86	269.85
50.00	12.87	21.50	37.37	65.96	101.94	131.92	110.94	152.91	281.84	161.91	257.85	299.83
62.50	18.66	22.41	39.42	83.95	116.33	188.89	137.92	161.91	305.83	185.89	296.83	347.80

Namun peningkatan erosi lebih dominan akibat penambahan alur atau semakin tinggi kerapatan alur maka semakin besar penambahan jumlah erosi yang terjadi. Hal ini disebabkan dengan kehadiran alur memudahkan butiran-butiran tanah yang tertahan pada tanaman terbawa oleh aliran akibat hujan bila dibandingkan dengan lahan tanpa alur atau yang penuh ditutupi tanaman. Peningkatan jumlah erosi yang terjadi akibat kehadiran alur pada lahan berkisar antara 4,51 – 13,86 kali dari lahan yang tidak mempunyai alur. Untuk melihat pengaruh kehadiran alur pada lahan terhadap jumlah erosi yang dihasilkan lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Hubungan Erosi Lahan dan Kerapatan Alur.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pola garis yang dibentuk semakin curam untuk alur yang lebih rapat dibandingkan dengan lahan tanpa alur, dimana *slope* garis pada RD = 0 lebih landai dibandingkan dengan dari RD = 1, 2 dan 3 m/m².

Hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa erosi yang terjadi sangat dominan dipengaruhi oleh kerapatan alur. Oleh karena itu, maka sebaiknya dalam estimasi erosi dengan menggunakan metode MUSLE perlu mempertimbangkan pengaruh kerapatan alur.

Komponen-Komponen Erosi

1. Perhitungan Indeks Erosivitas Hujan (R)

Hasil perhitungan nilai R dengan variasi intensitas hujan 37,5; 50 dan 62,5 mm per menit diperoleh Indeks Erosivitas Hujan adalah 80,36; 110,48 dan 141,33 KJ/Ha berturut-turut, perhitungan lengkap dapat dilihat pada Nazia, (2011).

2. Perhitungan Erodibilitas Tanah (K)

Hasil pemeriksaan sifat fisik tanah diperoleh kandungan pasir sangat halus 6%, liat 33%, debu 46% dan kandungan bahan organik 2,51%. Berdasarkan fraksi butiran tersebut tanah ini merupakan jenis tanah lempung-liatan. Jenis tanah ini memiliki sifat yang bergumpal (*blocky*) dan tingkat kelulusan air agak lambat (1 cm/jam). Atas dasar ini jenis tanah ini termasuk dalam indeks permeabilitas 5 dan indeks struktur 4. Sehingga diperoleh nilai faktor erodibilitas (K) adalah 0,430. Berdasarkan nilai erodibilitas, maka dapat diketahui jenis tanah yang digunakan merupakan jenis tanah *Regosol*.

3. Perhitungan Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) diperoleh 0,038; 0,7371 dan 2,4167 dengan memasukkan panjang lereng (L) adalah 1,5 m dan kemiringan lereng (S) bervariasi yaitu 0°, 10° dan 20°.

4. Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Plot uji pada penelitian ini ditanami dengan rumput gajah. Karena nilai faktor C untuk rumput gajah tidak tertera, maka nilai faktor C untuk rumput gajah didekati dengan nilai faktor C untuk semak belukar atau padang rumput yaitu 0,3, (Asdak, 2004).

5. Faktor Tindakan Konservasi (P)

Nilai faktor tindakan konservasi (P) ditentukan berdasarkan kondisi pada saat penelitian, dimana tindakan konservasi yang dilakukan adalah dengan strip tanaman rumput (padang rumput). Berdasarkan tabel 2.8, nilai faktor P untuk strip tanaman rumput (padang rumput) sebesar 0,40.

Estimasi Erosi Lahan Dengan Metoda MUSLE

Pada prinsipnya perhitungan erosi lahan dengan metoda MUSLE sama dengan USLE, hanya berbeda pada faktor indeks erosivitas hujan (R_m). Dimana harga R_m dipengaruhi oleh harga total volume aliran permukaan (Q) dan debit puncak (q_p). Untuk menghitung erosi lahan dengan menggunakan metoda MUSLE, nilai K , LS , C , dan P , sama dengan USLE. Berdasarkan nilai dari faktor-faktor tersebut, dengan menggunakan persamaan (3) erosi lahan MUSLE diperoleh erosi lahan berkisar antara 3,834 gr sampai dengan 509,376 gr. Nilai tersebut diperoleh pada pengukuran selama 5 menit dengan luas plot uji 1,2 m².

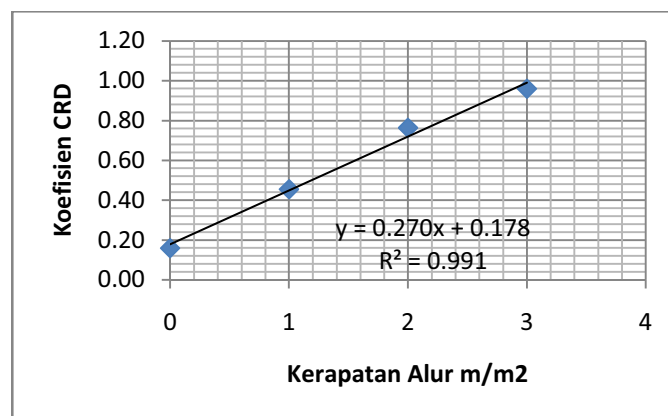
Kalibrasi Metode MUSLE

Koefisien kalibrasi diperoleh dari hasil analisa regresi antara nilai estimasi MUSLE dengan nilai hasil pengukuran untuk setiap kerapatan alur (RD) = 1, 2 dan 3 m/m². Hasil lengkap dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan harga antara pengukuran dan model dengan estimasi MUSLE. Berbeda dengan angka kalibrasi USLE, keseluruhan angka kalibrasi MUSLE lebih kecil dari 1. Pada plot uji tanpa alur ($RD = 0$), angka kalibrasi rata-rata dari hasil pengukuran dan model dengan estimasi diperoleh 0,16 dan maksimum 0,96 pada $RD=3$. Ini menunjukkan bahwa metoda MUSLE menghasilkan erosi yang lebih besar dari hasil pengukuran untuk $RD = 0-3$.

Tabel 2 Harga $C_{RD-MUSLE}$ untuk Variasi RD

Kerapatan Alur (RD): m/m ²	$C_{RD-MUSLE}$		
	Pengukuran	Model	Rata-rata
0	0,100	0,220	0,16
1	0,450	0,441	0,45
2	0,825	0,702	0,76
3	0,976	0,943	0,96

Namun angka kalibrasi cenderung meningkat dengan meningkatnya kerapatan alur, seperti terlihat pada Gambar 3, yang membuktikan bahwa kerapatan alur juga sangat signifikan berpengaruh terhadap peningkatan erosi suatu lahan. Untuk itu diperlukan suatu angka koefisien kalibrasi akibat kehadiran alur pada saat mengestimasi erosi lahan dengan menggunakan metode MUSLE. Selanjutnya, hubungan kedua variabel sangat kuat karena mempunyai koefisien determinasi (R^2) = 0,991, sehingga sangat memungkinkan juga untuk dibangun model regresi.



Gambar 3 Hubungan Kerapatan Alur dan Koefisien Kalibrasi (C_{RD}) MUSLE

Berdasarkan harga pada tabel di atas dibangun suatu model hubungan koefisien kalibrasi dengan kerapatan alur seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini.

$$C_{RD-MUSLE} = 0,2707RD + 0,1787 \quad (6)$$

Persamaan tersebut di atas dapat digunakan untuk memprediksi koefisien kalibrasi pada berbagai angka kerapatan alur untuk lahan yang ditutupi rumput gajah. Sehingga persamaan MUSLE dapat dimodifikasi menjadi persamaan baru dengan memasukkan koefisien kerapatan alur (C_{RD}) seperti di bawah ini.

$$A = 11,8.C_{RD} \cdot (Q \cdot q_p)^{0,56} \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (7)$$

Atau secara lengkap dengan mensubstitusikan persamaan 6 ke dalam persamaan 7 dapat ditulis seperti berikut ini.

$$A = 11,8 \cdot (0,2707RD + 0,1787) \cdot (Q \cdot q_p)^{0,56} \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (8)$$

dimana RD merupakan kerapatan alur dalam m/m^2 , sedangkan Q, q_p , K, LS, C dan P dapat digunakan persamaan MUSLE.

Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan ke dua metode USLE dan MUSLE bila dibandingkan dengan hasil pengukuran, hasil yang diperoleh dari MUSLE lebih kecil dari 1 (0,16-0,96), sedangkan USLE lebih besar dari 1 (0,37-2,21), (Rizalihadi, 2012). Ini menunjukkan bahwa persamaan MUSLE menghasilkan erosi yang lebih tinggi (*overestimate*) bila dibandingkan dengan persamaan USLE yang lebih rendah (*underestimate*). Perbedaan yang terjadi kemungkinan besar terjadi pada saat menghitung erosivitas, dimana MUSLE mendekati dengan aliran akibat hujan, sedangkan USLE didekati dengan menggunakan energi tumbukan hujan. Untuk itu perlu kajian yang lebih mendalam lagi mengenai perbedaan diantara ke dua persamaan tersebut untuk mendapatkan hasil estimasi yang lebih yakin dan akurat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan di atas dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain;

1. Kerapatan alur sangat berpengaruh dalam menentukan erosi pada suatu lahan, dimana dari hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa semakin besar kerapatan alur pada suatu lahan maka erosi yang terjadi semakin besar.
2. Kehadiran alur dalam suatu lahan dapat meningkatkan erosi antara 4,51 – 13,86 kali dari lahan tanpa alur.
3. Analisa erosi dengan menggunakan MUSLE menghasilkan perkiraan yang lebih tinggi (*overestimate*) pada kondisi kerapatan alur lebih kecil dari 3 m/m^2 , namun akan lebih rendah (*underestimate*) bila kerapatan yang terjadi lebih dari 3 m/m^2 .

Saran

Untuk pengembangan penelitian yang sudah didapatkan demi pengembangan ilmu erosi dan sedimentasi, ada beberapa saran yang perlu diusulkan antara lain:

1. Perlu memasukkan faktor kerapatan alur dalam mengestimasi erosi lahan baik dengan menggunakan rumus MUSLE.
2. Perlu penelitian lanjutan pengaruh variasi tanah dan tanaman terhadap erosi lahan.
3. Perlu penelitian lanjutan pengaruh variasi durasi dan distribusi hujan terhadap erosi lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., 2004, Hidrologi dan Pengelolaan DAS, Cetakan Ketiga, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hadiharyanto S., 2003, Kajian Metode RUSLE Untuk Menaksir Laju Erosi DAS Embung Banyukuwung Di Kabupaten Rembang, Tesis, Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil, Univ. Diponegoro, Semarang.
- Kim H.S., 2006, Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on The IMHA Watershed, South Korea, Dept. of Civil Eng. Colorado State University, Fort Collins, Colorado
- Kironoto, B., dkk., 2000, Konservasi Lahan, Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Air, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Landloch, 2007, Rainfall Simulator User Manual, Australia
- Mancilla G. A., et al, 2004, Rill Density Prediction And Flow Velocity Distributions On Agricultural Areas In The Pacific Northwest, Soil and Tillage Research 84 (2005) 54 – 66
- Nazia, L., 2011, Pengaruh Kerapatan Alur (Rill Density) Terhadap Erosi Lahan Menggunakan Rainfall Simulator, Tesis S2, Program MTS, Pasca Sarjana, Unsyiah, Darussalam, Banda Aceh.

- Rizalighadi, M. et.al., 2012, Kalibrasi Metode USLE dalam Estimasi Erosi Akibat Kehadiran Alur (*Rill*) pada Suatu Lahan yang ditanami Rumput Gajah (*Penisetum Purpureum*), Jurnal Teknik Sipil, Vol. 1, No. 2.
- Toy T. J., et.al., 1998, Guidelines For The Use of The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Version 1.06 on Mined Lands, Construction Sites and Reclaimed Lands, The Office of Technology Transfer, Western Regional Coordinating Center, Denver
- Vadari T., dkk., 2004, Model Prediksi Erosi: Prinsip, Keunggulan, dan Keterbatasan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak), Bogor.
- Wischmeier, W.H. et.al., 1972, Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide To Conservation Planning, USDA. Ag. Handbook No.282.
- Wischmeier, W.H. et.al., 1978, Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide To Conservation Planning, USDA. Ag. Handbook No.537
- Zegeye A. D, 2009, Assesment Of Upland Erosion Processes And Farmer's Perception Of Land Conservation In Debre-Mewi Watershed, Near Lake Tana, Ethiopia, Thesis, Faculty of Graduate School of Cornell University.
- Zhang Y., et.al., 2008, Integration of Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) Into A GIS Framework To Assess Soil Erosion Risk, WileyInterSci.