Perbandingan Erosi Model MUSLE dengan Erosi Pengukuran *Rainfall Simulator* (Comparison of MUSLE Erosion Models with Rainfall Simulator Erosion Measurement)

Nisa Zahratul Jannah¹, Muhammad Idkham¹, Devianti^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: devianti@unsyiah.ac.id

Abstrak. Potensi bahaya erosi pada lahan berlereng seperti lahan perkebunan perlu kiranya dilakukan pengukuran dan perkiraan erosi. Metode perkiraan erosi salah satunya adalah model MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) yang awalnya dikembangkan pada skala petak pertanian di Amerika Serikat, sehingga untuk mengetahui sejauhmana MUSLE mampu memperkirakan erosi maka dilakukan akurasi tingkat erosi dengan membandingkan erosi pengukuran dengan erosi model MUSLE pada dua plot percobaan tanaman kacang tanah dan tanaman bayam. Erosi pengukuran pada penelitian ini yaitu menggunakan simulasi hujan buatan berupa alat *rainfall simulator*. Sampel tanah pada *rainfall simulator* diambil dari lahan Perkebunan Kurma dengan kelerengan yang curam > 25% dan jarak tanam 8 x 8 m² tanpa adanya penerapan tanaman penutup tanah. Pengukuran erosi dilakukan per kejadian pemberian hujan dengan *rainfall simulator* dengan terlebih dahulu mengukur limpasan menggunakan literan dan kemudian menimbang tanah yang tertampung pada bagian bawah plot (*reservoir*). Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan erosi model MUSLE dan erosi pengukuran *rainfall simulator* pada plot percobaan tanaman kacang tanah berkisar antara 9×10^{-6} ton/ha - 6,62 ton/ha, dan plot percobaan tanaman bayam berkisar $1,92 \times 10^{-5}$ ton/ha - 6,37 ton/ha. Tingkat akurasi erosi model MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) dengan erosi pengukuran *rainfall simulator* pada plot tanaman kacang tanah memiliki persamaan $y = 0,000086x - 0,000028$ dengan nilai korelasi (r) = 0,82 (sangat kuat), (R^2) = 0,67 (kuat) dan RMSE = 1,6. Sedangkan pada plot tanaman bayam memiliki persamaan $y = 0,00095x - 0,0001$ dengan nilai korelasi (r) = 0,86 (sangat kuat), (R^2) = 0,74 (kuat) dan RMSE = 1,44. Nilai RMSE > 1 dikarenakan variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model MUSLE memiliki nilai yang jauh dari variasi nilai pengukurannya.

Kata Kunci : Erosi, MUSLE, Rainfall Simulator.

Abstract. The potential for erosion hazards on sloping land such as plantation land needs to be measured and estimated for erosion. There are several methods of estimating erosion, one of which is the MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) model. The MUSLE model is an erosion estimation method developed on a farm plot scale in the United States, so to find out to what extent MUSLE is able to estimate erosion, erosion rate accuracy is carried out by comparing erosion measurements with the erosion of the MUSLE model on two experimental plots of peanut and spinach plants. Measurement erosion in this study uses artificial rain simulations in the form of a rainfall simulator. Soil samples in the rainfall simulator were taken from the Barbatee Dates Plantation with a steep slope of > 25% and a spacing of 8 x 8 m² without the application of ground cover crops. Erosion measurements are carried out per rainfall incidence using a rainfall simulator by first measuring runoff using liters and then weighing the land that is stored at the bottom of the plot (*reservoir*). The results showed that there were differences in erosion of the MUSLE model and the erosion of the rainfall simulator measurement on the experimental plot of peanut plants ranging from 9×10^{-6} tons / ha - 6.62 tons / ha, and the experimental plot of spinach plants ranging from 1.92×10^{-5} tons. / ha - 6.37 tonnes / ha. The accuracy rate of erosion of the MUSLE model (*Modified Universal Soil Loss Equation*) with the erosion of the rainfall simulator measurement on the peanut plant plot has the equation $y = 0.000086x - 0.000028$ with a correlation value (r) = 0.82 (very strong), (R^2) = 0.67 (strong) and RMSE = 1.6. Whereas the spinach plant plot has the equation $y = 0.00095x - 0.0001$ with a correlation value (r) = 0.86 (very strong), (R^2) = 0.74 (strong) and RMSE = 1.44. The value of RMSE > 1 is because the variation in the value generated by a MUSLE model has a value that is far from the variation in the measurement value.

Keywords: Erosion, MUSLE, Rainfall Simulator

PENDAHULUAN

Erosi dapat terjadi salah satunya dikarenakan adanya limpasan permukaan dimana semakin curam kelerengan suatu lahan maka limpasan yang terjadi juga akan semakin besar dan kecepatan pengangkutan tanah serta potensi terjadinya erosi semakin tinggi. Potensi bahaya erosi pada lahan berlereng seperti lahan perkebunan perlu kiranya dilakukan pengukuran dan perkiraan erosi. Penelitian ini perkiraan erosi dilakukan dengan menerapkan model MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) dan pengukuran skala laboratorium.

Sampel tanah yang akan digunakan pada penelitian ini adalah tanah yang diambil dari lahan perkebunan kurma Barbatee. Pemilihan lahan perkebunan kurma Barbatee dikarenakan memiliki kelerengan yang curam $> 25\%$ dan jarak tanam $8 \times 8 \text{ m}^2$ tanpa adanya penanaman tanaman penutup tanah sehingga potensi terjadinya erosi cukup besar. Pengukuran dilakukan pada dua plot percobaan yaitu penanaman tanaman kacang tanah dan tanaman bayam. Pengukuran erosi dilakukan per kejadian pemberian hujan dengan *rainfall simulator* dengan terlebih dahulu mengukur limpasan menggunakan literan dan kemudian menimbang tanah yang tertampung pada bagian bawah plot (*reservoir*).

Berkaitan dengan hal tersebut perlu dilakukan penelitian guna mendapatkan informasi sejauhmana laju erosi yang terjadi untuk kemudian diharapkan dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan lahan yang berkelanjutan, serta mengetahui sejauh mana model MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Conservation*) dapat di aplikasikan. Keandalan model MUSLE ini terukur melalui akurasi keandalan model korelasi (r), determinasi (R^2) dan *root mean square error* (RMSE). Untuk itu dalam penelitian ini perlu dilakukan pengukuran besarnya erosi, sehingga di akhir didapatlah pebandingan besarnya laju erosi yang terjadi berdasarkan dua cara pendugaan erosi dan mengetahui bagaimana tingkat akurasi keandalan modelnya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah dan Lingkungan Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan dan dimulai pada bulan September 2020 sampai dengan November 2020.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi *Rainfall Simulator-Fel3*, dua plot pengukuran erosi yang ditanami bayam dan kacang tanah dengan ukuran panjang 55 cm, lebar bagian depan 8,5 cm, lebar bagian belakang 15 cm dengan kedalaman 30 cm, wadah penampung erosi, ring sampel tanah, cangkul, lam, gelas ukur, cawan petri, kertas saring, timbangan digital, oven dan alat tulis. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah, benih bayam dan benih kacang tanah.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel tanah dan kemudian dibawa ke laboratorium untuk kemudian dilakukan uji sifat fisik tanah dan untuk diisi kedalam plot pengukuran erosi. Plot pengukuran kemudian dimasukkan kedalam *rainfall simulator*, setelah itu dilakukan pemberian hujan dengan *rainfall simulator* selama 120

menit pada tekanan dan diamati saat terjadi limpasan dan erosi untuk dilakukan pencatatan.

Analisa Data

Jumlah tanah yang tererosi dari suatu kejadian simulasi hujan dengan *rainfall simulator* diukur dengan menimbang tanah tererosi akibat limpasan permukaan berdasarkan berat kering angin. Selanjutnya tanah yang tertampung pada tempat penampung diendapkan lalu dikering ovenkan dengan suhu 105°C selama 24 jam, kemudian ditimbang berat setelah kering oven (Nurpilihan dkk, 2011).

Model untuk memprediksi erosi dapat digunakan persamaan MUSLE yaitu sebagai berikut (Williams and Berndt, 1977 dalam Sadeghi *et al*, 2014) :

$$Y = 11,8 \times (Q \times qp)^{0,56} \times K \times LS \times CP \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- Y = nilai rata-rata tahunan kehilangan tanah (ton/ha/tahun)
- Q = volume limpasan permukaan (m³)
- qp = debit puncak (m³/s)
- K = faktor erodibilitas tanah
- LS = faktor panjang dan kemiringan lereng
- CP = faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi

Untuk mengetahui kehandalan model MUSLE maka dilakukan uji akurasi dengan membandingkan erosi pengukuran dengan erosi model MUSLE. Pengukuran Keakuratan model MUSLE dilakukan dengan menghitung nilai angka korelasi (r), koefisien determinasi (R²) dan *root mean square error* (RMSE) (Rahayu, 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat FisikTanah

Jenis tanah di lokasi penelitian termasuk jenis tanahUltisol, yang memiliki porositas tanah dengan nilai 0,43., struktur tanah granular, permeabilitas tanah 1,84 dan tekstur tanah lempung berpasir serta kandungan C organik 1,35%. Berdasarkan keseluruhan hasil analisis laboratorium tersebut didapat nilai erodibilitas sebesar 0,79 dan masuk kategori sangat tinggi menurut Arsyad (2010).

Curah Hujan

Pengamatan curah hujan dilakukan mulai dari erosi terbuka (ET) sampai dengan 4 minggu setelah penanaman (4 MST). Curah hujan selama penelitian berlangsung pada *rainfall simulator* terjadi 35 kali kejadian hujan dengan total jumlah curah hujan sebesar 1206,05 mm. Curah hujan relatif bervariasi mulai dari curah hujan tertinggi yaitu sebesar 54,27 mm dan terendah sebesar 18,09 mm, sedangkan untuk curah hujan rata-rata adalah sebesar 34,46 mm. intensitas curah hujan total yang diperoleh yaitu 4355,33 mm/jam dengan rata-rata sebesar 124,44 mm/jam.

Limpasan pada plot Percobaan Tanaman Kacang Tanah dan Bayam

Besarnya limpasan pada plot percobaan tanaman kacang tanah dan bayam dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Limpasan Plot Percobaan Tanaman Kacang Tanah dan Bayam

Gambar 1. menunjukkan bahwa keseluruhan limpasan yang terjadi pada plot percobaan tanaman kacang tanah (TKT) yaitu sebesar 230,98 mm dan plot percobaan tanaman bayam (TB) sebesar 213,37 mm. Limpasan tertinggi pada plot percobaan tanaman kacang tanah dan bayam terjadi saat erosi terbuka (ET) yaitu menit ke 120 dengan nilai limpasannya adalah sebesar 18,6 mm untuk tanaman kacang tanah dan 20,93 mm untuk tanaman bayam dengan curah hujan yang sama 54,27 mm. Limpasan terendah pada plot tanaman kacang tanah terjadi pada menit ke 30 tiga minggu setelah tanam (3 MST) yaitu sebesar 3,1 mm dengan curah hujan 30,15 mm dan plot percobaan tanaman bayam terjadi pada menit ke 60 empat minggu setelah tanam (4 MST) sebesar 2,64 mm dengan curah hujan yaitu 34,67 mm.

Erosi Pengukuran *Rainfall Simulator*

1. Erosi Plot Percobaan Tanaman Kacang Tanah

Besarnya erosi pada plot percobaan tanaman kacang tanah berjumlah 223,70 gr/plot. Besar kecilnya erosi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Erosi Pengukuran *Rainfall Simulator* Pada Plot Percobaan Tanaman Kacang Tanah

Gambar 2. Menunjukkan bahwa erosi tertinggi terjadi pada saat erosi terbuka (ET) yaitu menit ke 120 sebesar 39,70 gr/plot dengan curah hujan 54,27 mm dan erosi terendah

terjadi setelah 4 minggu penanaman (4 MST) yaitu menit ke 40 sebesar 1,3 gr plot dengan curah hujan 34,67 mm. Pada curah hujan yang sama dengan tutupan tanah tanaman kacang tanah didapatkan besarnya erosi yang berbeda-beda, seperti terlihat pada menit ke 120 erosi terbuka (ET) dan satu minggu setelah tanaman (1 MST) memiliki curah hujan yang sama yaitu 54,27 mm dengan besarnya erosi yang berbeda. Tanaman kacang tanah dikatakan mampu menurunkan laju erosi dikarenakan mempunyai perakaran yang bagus sesuai dengan pernyataan Arsyad (2010), yang menyatakan bahwa tanaman yang memiliki akar serabut lebih efektif dalam mengendalikan proses terjadinya erosi, hal ini disebabkan karena benang-benang halus pada akar tanaman mampu mengikat butir-butir tanah menjadi agregat tanah yang mantap.

2. Erosi Plot Percobaan Tanaman Bayam

Besarnya erosi pada plot percobaan tanaman kacang tanah berjumlah 190,39 gr/plot. Besar kecilnya erosi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Erosi Pengukuran *Rainfall Simulator* pada Plot Percobaan Tanaman Bayam

Gambar 3. Menunjukkan bahwa pada curah hujan yang sama dengan tutupan tanah tanaman bayam didapatkan besarnya erosi yang berbeda-beda seperti terlihat pada menit ke 20 dengan curah hujan yang sama yaitu 30,15 mm memiliki besarnya erosi yang berbeda-beda. Erosi tertinggi terjadi pada saat erosi terbuka (ET) yaitu menit ke 120 sebesar 38,19 gr/plot dengan curah hujan 54,27 mm. Erosi terendah terjadi setelah 3 minggu penanaman (3 MST) yaitu menit ke 40 sebesar 1,25 gr/plot dengan curah hujan 30,15 mm. Tanaman bayam dapat memperkecil laju erosi dikarenakan memiliki tajuk tanaman yang rapat sesuai dengan pernyataan Asdak (2010) yang menyatakan semakin rendah tajuk dan semakin rapat tajuk tanaman maka semakin kecil energi hujan yang sampai di permukaan tanah.

Erosi berdasarkan Model MUSLE

Persamaan MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) yang akan dihitung meliputi beberapa faktor diantaranya faktor volume limpasan (Q), faktor debit puncak (qp), faktor erodibilitas tanah (K), faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) dan Faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi (CP).

1. Volume limpasan permukaan metode scs-cn (Q)

Hasil perhitungan volume limpasan metode scs-cn dapat dilihat pada Gambar 12.

Gambar 4. Volume Limpasan metode SCS-CN Tanaman Kacang Tanah dan Bayam

Gambar 4. memperlihatkan bahwa keseluruhan limpasan metode scs-cn yang terjadi pada plot percobaan tanaman kacang tanah yaitu sebesar $43,87 \text{ m}^3$ dan plot percobaan bayam sebesar $49,04 \text{ m}^3$. Limpasan tertinggi pada plot percobaan tanaman kacang tanah dan bayam terjadi saat erosi terbuka (ET) yaitu pada menit ke 120 dengan nilai limpasannya yang sama antara plot percobaan tanaman kacang tanah dan bayam sebesar $10,56 \text{ m}^3$ dengan curah hujan yang sama $54,27 \text{ mm}$. Limpasan terendah plot percobaan tanaman kacang tanah dan bayam terjadi pada menit ke 10 erosi terbuka (ET) yaitu sebesar $7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ dengan curah hujan $18,09 \text{ mm}$.

2. Debit puncak (qp)

Analisis debit puncak berdasarkan metode rasional dapat dilihat Gambar 5.

Gambar 5. Debit Puncak Metode Rasional

Gambar 5. Menunjukkan bahwa tidak semua curah hujan yang tinggi debit puncaknya juga tinggi, seperti terlihat pada debit puncak antara menit ke 20 dan menit ke 40, hal ini dikarenakan adanya perbedaan durasi pemberian hujan. Total debit puncak yang terjadi selama penelitian adalah sebesar $6,99 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{det}$ dengan rata-rata $2 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{det}$. Besarnya debit puncak berkisar antara $1 \times 10^{-7} - 3 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{det}$.

3. Erosi MUSLE Plot Percobaan Tanaman Kacang Tanah

Keseluruhan erosi MUSLE pada plot percobaan tanaman kacang tanah adalah $2,24 \times 10^{-2}$ ton/ha. Besar kecilnya erosi dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Erosi MUSLE Plot Percobaan Tanaman Kacang Tanah

Gambar 6. menunjukkan bahwa erosi MUSLE pada plot percobaan tanaman kacang tanah tertinggi terjadi pada erosi terbuka (ET) yaitu menit ke 120 sebesar $6,24 \times 10^{-3}$ ton/ha dengan curah hujan 54,27 mm. Erosi terendah terjadi pada dua minggu setelah tanam (2 MST) yaitu menit ke 80 sebesar 9×10^{-6} ton/ha dengan curah hujan 42,21 mm. Selisih antara erosi tertinggi dan terendah pada plot percobaan tanaman kacang tanah yaitu 6×10^{-3} ton/ha.

4. Erosi MUSLE Plot Percobaan Tanaman Bayam

Keseluruhan erosi MUSLE pada plot percobaan tanaman bayam adalah $2,67 \times 10^{-3}$ ton/ha, sehingga besar kecilnya erosi MUSLE dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 15. Erosi MUSLE Plot Percobaan Tanaman Bayam

Gambar 7. menunjukkan bahwa erosi tertinggi terjadi pada erosi terbuka (ET) yaitu menit ke 120 sebesar $6,24 \times 10^{-4}$ ton/ha dengan curah hujan 54,27 mm, sedangkan erosi terendah terjadi pada menit ke 10 erosi terbuka (ET) sebesar $1,92 \times 10^{-5}$ ton/ha dengan curah hujan 18,09 mm. Selisih antara erosi tertinggi dan terendah pada plot percobaan tanaman kacang tanah yaitu $6,22 \times 10^{-3}$ ton/ha.

Akurasi Kehandalan Model

Uji akurasi pengukuran erosi model MUSLE dan erosi secara pengukuran *rainfall simulator* pada plot percobaan tanaman kacang tanah dan bayam dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.

Gambar 8. Tingkat Akurasi Plot Percobaan Tanaman Kacang Tanah

Gambar 9. Tingkat Akurasi Plot Percobaan Tanaman Bayam

Gambar 9. menunjukkan pada plot erosi tanaman kacang tanah memiliki persamaan $y = 0,000086x - 0,000028$, dengan koefisien korelasi $r = 0,82$ termasuk dalam tingkat hubungan yang sangat kuat, koefesien determinasi $R^2 = 0,67$ dengan tingkat pengaruh yang kuat dan nilai $RMSE = 1,6$. Sedangkan Pada plot erosi tanaman kacang tanah memiliki persamaan $y = 0,00095x - 0,0001$, dengan koefisien korelasi $r = 0,86$ termasuk dalam tingkat hubungan yang sangat kuat, koefesien determinasi $R^2 = 0,74$ dengan tingkat pengaruh yang kuat dan nilai $RMSE = 1,44$. Nilai determinasi plot percobaan tanaman bayam lebih tinggi dibandingkan nilai determinasi plot percobaan tanaman kacang tanah hal ini dikarenakan titik-titik banyak berkumpul pada garis linier plot percobaan tanaman bayam. Berdasarkan hasil analisis nilai $RMSE$ antara plot percobaan tanaman kacang tanah yang diperoleh >1 hal ini dikarenakan variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model MUSLE memiliki nilai yang jauh dari variasi nilai pengukurannya.

Perbedaan erosi model MUSLE dengan erosi pengukuran *rainfall simulator* pada plot tanaman kacang tanah berkisar antara 9×10^{-6} ton/ha - 6,62 ton/ha. Jika dilihat berdasarkan nilai total antara erosi model MUSLE adalah sebesar $2,24 \times 10^{-2}$ dan berdasarkan pengukuran *rainfall simulator* 37,28 ton/ha. Sedangkan pada plot percobaan

tanaman bayam berkisar antara $1,92 \times 10^{-5}$ - $6,37$ ton/ha. Jika dilihat berdasarkan nilai total antara erosi model MUSLE adalah sebesar $2,67 \times 10^{-2}$ dan berdasarkan pengukuran *rainfall simulator* $31,73$ ton/ha. Tingginya erosi secara pengukuran *rainfall simulator* dikarenakan pada saat terjadi hujan permeabilitas tanahnya berbeda-beda, tergantung seberapa lama pemberian hujan dilakukan, sehingga ketika hujan terjadi pada saat permeabilitasnya rendah akan menyebabkan tanah mudah terbawa oleh air hujan. Sedangkan pada erosi MUSLE, sampel tanah yang digunakan untuk dianalisis permeabilitasnya hanya diambil sekali dan data tersebut digunakan untuk memperkirakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan nilai erosi dimana nilai erosi pengukuran *rainfall simulator* memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan erosi model MUSLE, dapat dilihat berdasarkan nilai total pada plot percobaan tanaman kacang tanah, erosi model MUSLE sebesar $2,24 \times 10^{-2}$ dan erosi pengukuran *rainfall simulator* $37,28$ ton/ha dan pada plot percobaan tanaman bayam, erosi model MUSLE sebesar $2,67 \times 10^{-2}$ dan erosi pengukuran *rainfall simulator* $31,73$ ton/ha.
2. Tingkat akurasi erosi model MUSLE pada plot tanaman bayam lebih tinggi dibandingkan nilai determinasi pada plot tanaman kacang tanah dengan nilai korelasi (r) = 0,86 (sangat kuat), (R^2) = 0,74 (kuat) dan RMSE = 1,44, sedangkan pada plot tanaman kacang tanah memiliki nilai korelasi (r) = 0,82 (sangat kuat), (R^2) = 0,67 (kuat) dan RMSE = 1,6 Nilai RMSE >1 menunjukkkn model MUSLE memiliki nilai yang jauh dari nilai erosi pengukurannya.

Saran

Adapun yang dapat disarankan pada penelitian ini yaitu perlu dilakukan pengukuran dilapangan agar didapatkan faktor koreksi dari penggunaan *rainfall simulator*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press, Bogor.
- Asdak, C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nurpilihan, Amaru, Kharistya, Suryadi, Edy. 2011. Perhitungan Run Off pada Lahan Curam yang Ditanami Jagung Hibrida DR Unpad, Laporan Penelitian UNPAD, Bandung.
- Rahayu, A. 2009. Penggunaan Metode Soil Conservation Services (SCS) untuk Memprediksi Aliran Permukaan pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit, Unit Usaha Rejosari, PTPN Nusantara VII Lampung. Skripsi. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Khaledi Darvishan, A., and Saeidi, P. 2014. A review of the application of the MUSLE model worldwide, Hydrolog. Sci. J., 59, 365–375.