

## KAJIAN EROSI AKTUAL DAN POTENSIAL MENGGUNAKAN PREDIKSI MUSLE (*MODIFIED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION*) PADA PERTANIAN LAHAN KERING DTA CITARIK HULU

Bella Nabila Febriani<sup>1</sup>, Kharistya Amaru<sup>2</sup>, Dwi Rustam Kendarto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran  
email: bella16003@mail.unpad.ac.id

<sup>2</sup> Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran  
email: kharistya@unpad.ac.id

<sup>3</sup> Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran  
email: dwi.r.kendarto@unpad.ac.id

### Abstract

Utilization of dry land is an alternative option which is expected to increase the potential for crop production in order to meet food needs, especially in West Java Province. Agricultural development on dry land has one of the main constraints, namely the high level of erosion that is produced because most of the dry land is sloping land which is prone to erosion. Erosion calculations need to be carried out so that the determination of land use and types of conservation measures is applied effectively and efficiently in accordance with field conditions. The purpose of this study is to assess the amount of erosion in the field and potential erosion using the prediction MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) on a plot measuring 22 x 1 meter with a slope of 5%, 12%, and 15%. The results of the calculation of actual erosion at a 5% slope were 94.3 tonnes / ha, 124.4 tonnes / ha, and 146.7 tonnes / ha. A slope of 12% results in erosion of 104 tonnes / ha, 90 tonnes / ha, and 99.7 tonnes / ha. A slope of 15% produces erosion of 97.6 tonnes / ha, 107.6 tonnes / ha, and 105.8 tonnes / ha. The results of the NSE statistical test (Nash Sutcliffe Efficiency) calculation of potential erosion before calibration showed unsatisfactory results ( $NSE < 0.50$ ). Therefore, it is necessary to calibrate the value of the plant management factor (C) and the value of the conservation action factor (P). The results of the NSE statistical test after calibration showed good results ( $0.65 < NSE < 0.75$ ) and satisfactory ( $0.50 \leq NSE < 0.65$ ).

**Keywords:** Erosion, MUSLE, dry lands

### Abstrak

Pendayagunaan lahan kering merupakan salah satu alternatif pilihan yang diharapkan dapat meningkatkan potensi produksi tanaman dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan khususnya di Provinsi Jawa Barat. Pembangunan pertanian di lahan kering memiliki salah satu kendala utama yaitu tingginya erosi yang dihasilkan di mana hal tersebut disebabkan sebagian besar lahan kering merupakan lahan berlereng rentan terhadap erosi. Perhitungan erosi perlu dilakukan agar penentuan penggunaan lahan dan jenis tindakan konservasi diterapkan secara efektif dan efisien sesuai dengan kondisi lapangan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengkaji jumlah erosi di lapangan dan erosi potensial dengan menggunakan prediksi MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) pada plot berukuran 22 x 1 meter dengan kemiringan 5%, 12%, dan 15%. Hasil perhitungan erosi aktual pada kemiringan 5% dihasilkan sebesar 94.3 ton/ha, 124,4 ton/ha, dan 146,7 ton/ha. Kemiringan 12% menghasilkan erosi sebesar 104 ton/ha, 90 ton/ha, dan 99.7 ton/ha. Kemiringan 15% menghasilkan erosi sebesar 97.6 ton/ha, 107.6 ton/ha, dan 105.8 ton/ha. Hasil uji statistik NSE (Nash Sutcliffe Efficiency) perhitungan erosi potensial sebelum kalibrasi menunjukkan hasil tidak memuaskan ( $NSE < 0,50$ ) oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi pada nilai faktor pengelolaan tanaman (C) dan nilai faktor tindakan konservasi (P). Hasil uji statistik NSE setelah kalibrasi menunjukkan hasil baik ( $0,65 < NSE < 0,75$ ) dan memuaskan ( $0,50 \leq NSE < 0,65$ ).

**Kata Kunci:** Erosi, MUSLE, Lahan Kering

### 1. PENDAHULUAN

Lahan kering Jawa Barat belum diusahakan secara optimal sehingga memungkinkan peluang dalam pengembangan

pendayagunaan lahan kering. Kendala utama bagi pembangunan pertanian pada lahan kering salah satunya yaitu erosi yang tinggi (Widiatmaka, 2015). Sebagian besar lahan

kering merupakan lahan yang berlereng rentan terhadap erosi sehingga menyebabkan erosi yang tinggi. Curah hujan, kemiringan lereng, kepekaan tanah terhadap erosi, dan sistem pengolahan tanah yang kurang tepat pada lahan kering menyebabkan tingginya erosi yang terjadi.

Model prediksi erosi merupakan salah satu metode yang dapat membantu dalam perencanaan penggunaan lahan (Vadari et al., 1995). Contoh dari model prediksi erosi MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) yang merupakan pengembangan dari konsep USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Kelebihan pada model prediksi MUSLE jika dibandingkan dengan metode USLE yaitu dapat menduga laju sedimentasi dengan baik dikarenakan MUSLE menggunakan faktor limpasan permukaan dan laju puncak aliran permukaan sehingga model prediksi MUSLE dapat dilakukan pada setiap kejadian hujan (Vadari et al., 1995) Berdasarkan dari uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui erosi aktual dan potensial dengan prediksi MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) pada lahan kering.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### Erosi

Peristiwa perpindahan tanah atau bagian-bagian tanah oleh media alami dari suatu tempat ke tempat lain disebut erosi. Tanah atau bagian tanah pada suatu tempat mengalami pengikisan oleh air atau angin kemudian terangkut ke tempat lain dan mengalami pengendapan (Arsyad, 2010).

Penurunan sifat-sifat kimia dan fisika tanah seperti hilangnya unsur hara dan bahan organik, peningkatan terhadap kepadatan dan penetrasi tanah, penurunan kapasitas infiltrasi dan kemampuan menahan air merupakan akibat dari tanah yang mengalami erosi. Peristiwa tersebut menyebabkan penurunan pada produktivitas tanah dan pengisian air bawah tanah. Kerusakan yang disebabkan oleh peristiwa erosi terjadi pada dua tempat yaitu pada tanah tempat erosi terjadi dan pada tujuan tanah air yang terangkut tersebut diendapkan (Arsyad, 2010).

### *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE)

Dalam perencanaan penggunaan dan pengelolaan suatu lahan erosi merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan.

Perencanaan penggunaan lahan dapat diperhitungkan oleh model prediksi erosi (Vadari et al., 1995). Pada MUSLE energi penghancuran dan pengangkutan sedimen menggunakan faktor limpasan permukaan (Wischmeier dan Smith, 1978). Persamaan *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) sebagai berikut:

$$X_t = 11.8(Q_v q_p)^{0.56} KLSCP \dots\dots\dots (1)$$

$X_t$  adalah hasil perhitungan erosi dalam Ton,  $Q_v$  adalah volume limpasan ( $m^3$ ),  $q_p$  adalah puncak limpasan ( $m^3/s$ ),  $K$  adalah erodibilitas tanah,  $LS$  adalah faktor *length* dan *slope*,  $C$  adalah faktor pengelolaan tanaman, dan  $P$  adalah faktor konservasi. Faktor  $LS$  merupakan faktor topografi. Perhitungan faktor  $LS$  menggunakan pada persamaan USLE dihitung menggunakan persamaan berikut (Wischmeier and Smith 1978):

$$LS = \left(\frac{I}{22.13}\right)^M (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.574 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana  $S$  adalah kemiringan bidang dalam persen (%),  $I$  adalah panjang lereng dalam meter (m), dan  $M$  adalah eksponensial tak berdimensi (0.2 untuk kemiringan  $<1\%$  sampai 0.6 untuk kemiringan  $>10\%$  (Sadeghi & Mizuyama, 2007)

Parameter puncak air limpasan ( $q_p$ ) dalam plot erosi ditentukan oleh rumus berikut didasarkan prosedur analisis hidrograf segitiga SCS:

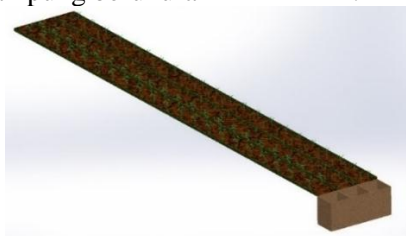
$$Q_p = 0.278 Ad / T_p \dots\dots\dots (3)$$

Dimana  $q_p$  adalah laju puncak air limpasan dalam ( $m^3/s$ ),  $A$  adalah luas ( $km^2$ ),  $d$  adalah kedalam air limpasan (mm), dan  $T_p$  adalah *rise time of the hydrograph* atau waktu dari awal limpasan hingga waktu limpasan puncak (Jam)  $T_p$  dihitung sebagai fungsi waktu konsentrasi plot, yang juga dihitung melalui penentuan kecepatan limpasan permukaan oleh Mannings (Sadeghi dan Mizuyama, 2007)

## 3. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2020 hingga April 2020 yang bertempat di Dusun Mumunggang Desa Cinanjung Kecamatan Tanjungsari Kabupaten Sumedang Provinsi Jawa Barat dan Laboratorium Konservasi Tanah dan Air Fakultas Teknologi Industri Pertanian

Universitas Padjadjaran sebagai tempat pengujian sampel dan pengolahan data. Bahan penelitian yang digunakan yaitu plot berukuran 22 x 1 meter sebanyak 9 buah dengan kemiringan 5%, 12%, dan 15% yang ditanami masing-masing oleh tanaman jagung, kacang tanah, dan cabai dengan bak penampung berukuran 1 x 1 x 1 m.



Gambar. 1 Sketsa Plot Erosi

Parameter pengamatan yaitu curah hujan, volume air limpasan dan jumlah tanah yang tererosi. Pengamatan data lainnya seperti data sifat fisik tanah dan kimia tanah dilakukan uji pada laboratorium. Sampel tanah tidak terganggu (*undisturb soil sampling*) dengan metode *ring sampel* digunakan untuk menguji permeabilitas tanah dan tekstur tanah. Sampel tanah terganggu atau *disturb soil* digunakan untuk menguji kandungan C-organik. Pengumpulan data sifat fisik dan kimia tanah diperlukan untuk menentukan nilai erodibilitas tanah. Tanah tererosi dalam bak diendapkan selama 24 jam setelah hujan berlangsung agar terpisah dengan air kemudian diambil sampel sebanyak 10gr dan dikeringkan menggunakan oven hingga nilai berat konstan.

Pengukuran volume limpasan dilakukan setelah peristiwa hujan yang terjadi. Pengukuran termasuk pengambilan sampel air limpasan yang diaduk, dikumpulkan sebanyak 500 ml air ke dalam wadah tertutup rapat kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring yang bertujuan untuk menyaring partikel tanah dari sampel air limpasan. Sedimen yang disaring dikeringkan dengan oven hingga nilainya konstan. Analisis data selanjutnya yaitu uji statistik untuk mengetahui nilai kevalidan model dengan menggunakan nilai efisiensi model. Nilai efisiensi model yang digunakan merupakan efisiensi model *Nash Sutcliffe Efficiency* sehingga diperoleh kesimpulan pada hasil pengamatan yang dapat. Uji statistik menggunakan model Nash Sutcliffe dengan persamaan berikut:

$$NSE = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i^{obs} - y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i^{obs} - y_i^{mean})^2} \right] \dots\dots (4)$$

Keterangan:

- $y_i^{obs}$  = Hasil pengukuran aktual
- $y_i^{sim}$  = Hasil pengukuran simulasi
- $y_i^{mean}$  = Rata – rata hasil pengukuran aktual
- n = Banyaknya data (banyaknya pengukuran)

Rentang nilai hasil dari NSE ini menurut (D. N. Moriasi et al., 2007) dapat digolongkan menjadi empat kategori yaitu Sangat baik ( $0,75 < NSE \leq 1,00$ ), Baik ( $0,65 < NSE \leq 0,75$ ), Memuaskan ( $0,5 < NSE \leq 0,65$ ), dan tidak memuaskan ( $NSE \leq 0,50$ ). Jika nilai NSE pada plot menunjukkan hasil tidak memuaskan maka perlu dilakukan kalibrasi. Variabel yang dapat dikalibrasi dalam persamaan MUSLE ini yaitu nilai faktor pengelolaan tanaman (C) dan faktor konservasi tanah (P). Kalibrasi yang digunakan merupakan *trial and error* hingga menghasilkan nilai NSE kategori model menjadi Baik atau Sangat Baik.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter input MUSLE dalam persamaan 1 didapat dari 32 data yang telah terkumpul dari 32 kali kejadian hujan. Nilai erodibilitas tanah (K) terdapat pada Tabel 1. Tabel 1. Sifat Fisika Kimia Tanah dan Nilai Faktor (K)

Parameter	PLOT		
	1 (A,B,C)	2 (A,B,C)	3 (A,B,C)
Kadar Air (%)	11,23	11,23	11,23
C-Organik (%)	0,93	0,93	0,93
Pasir (%)	9	9	9
Debu (%)	35	35	35
Liat (%)	56	56	56
Permeabilitas	11,74	4,23	6,97
Kriteria	Agak	Sedang	Agak
Permeabilitas	Cepat		Cepat
Erodibilitas Tanah K	0,68	0,6	0,6

Erodibilitas tanah (K) merupakan faktor penentu kehilangan tanah (Zheng et al., 2020). Perkiraan laju erosi dapat diperkirakan melalui erodibilitas tanah. Salah satu indikator erosi adalah nilai K, karena nilai K menggambarkan kerentanan agregat tanah untuk terdispersi dalam bentuk yang lebih kecil dan terpindahkan oleh aliran air atau angin.

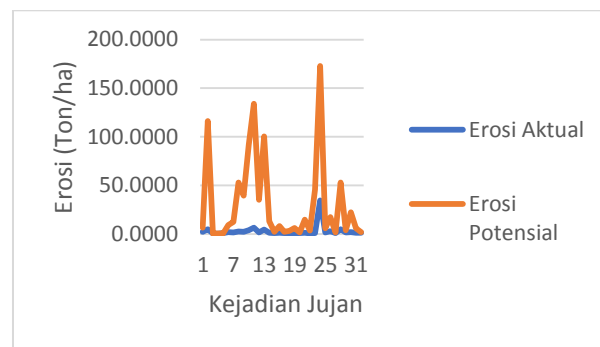
Tabel 2. Nilai L, S, C, dan P Setiap Plot

PLOT	L	S	LS	C	P	
1	A	22	5	0,3088	0,7	1

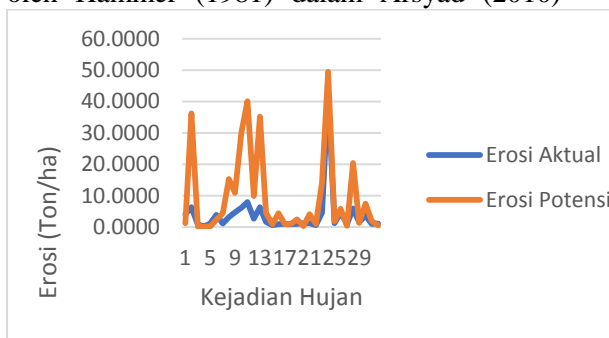
2	B				0,2	
	C				0,9	
	A	22	12	0,6272	0,7	1
3	B				0,2	
	C				0,9	
	A	22	15	0,7636	0,7	1

Faktor L setiap plot yaitu sebesar 22 m untuk faktor S setiap plot masing-masing 5%, 12%, dan 15% hasil perhitungan LS menggunakan persamaan 2 dirangkum dalam tabel 2. Erosi meningkat dengan meningkatnya Panjang lereng. Pengukuran kemiringan (S) di lapangan menggunakan abney level dengan satuan persen (%). Faktor pengelolaan tanaman (C) dan (P) diambil dari indeks pengelolaan tanaman dan konservasi lahan oleh Hammer (1981) dalam Arsyad (2010)

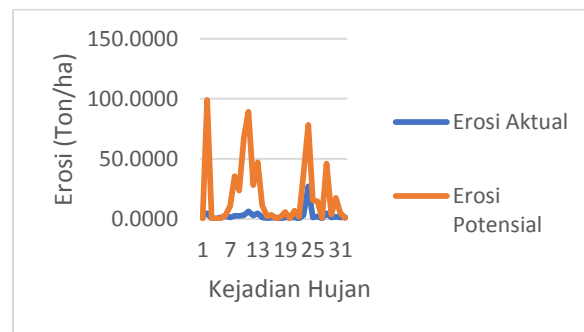
untuk jagung sebesar 0,70, kacang tanah sebesar 0,20, dan cabai sebesar 0,90. Faktor konservasi tanah (P) yaitu tanpa tindakan pengendalian erosi bernilai 1.



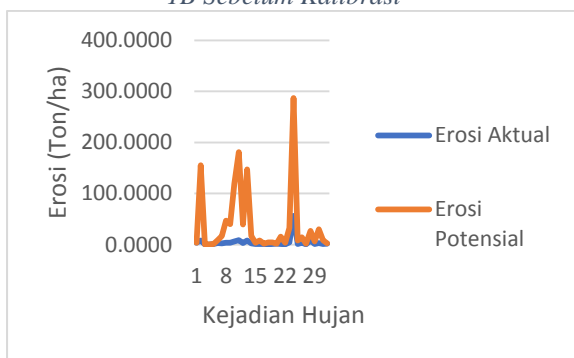
Gambar. 2 Grafik Erosi Aktual dan Potensial Plot 1A Sebelum Kalibrasi



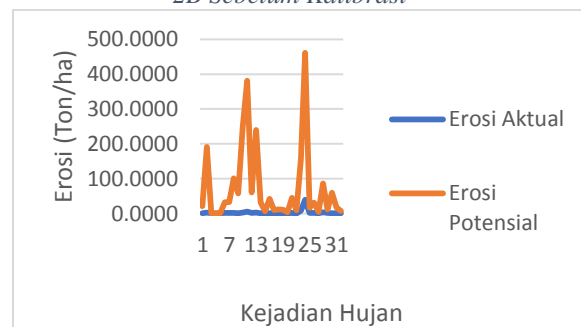
Gambar. 3 Grafik Erosi Aktual dan Potensial Plot 1B Sebelum Kalibrasi



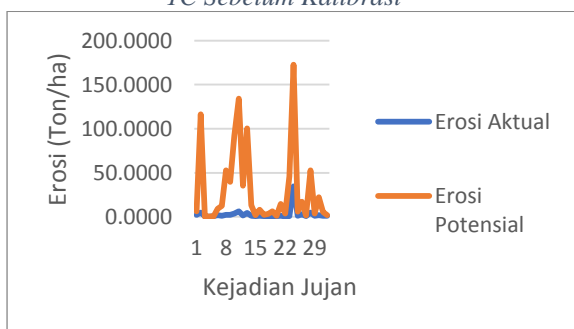
Gambar. 6 Grafik Erosi Aktual dan Potensial Plot 2B Sebelum Kalibrasi



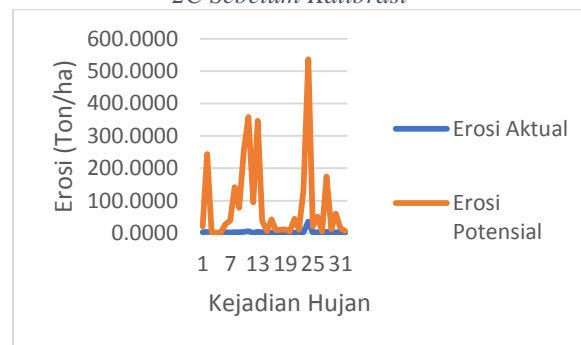
Gambar. 4 Grafik Erosi Aktual dan Potensial Plot 1C Sebelum Kalibrasi



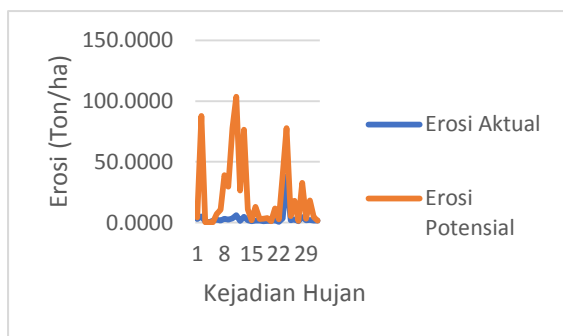
Gambar. 7 Grafik Erosi Aktual dan Potensial Plot 2C Sebelum Kalibrasi



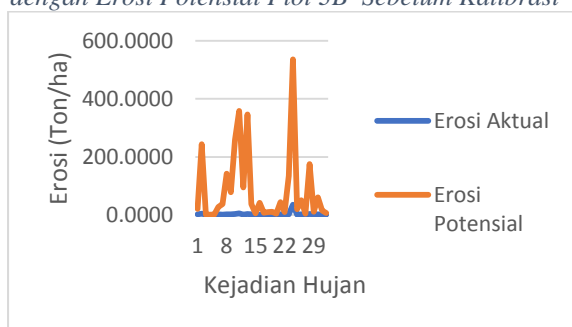
Gambar. 5 Grafik Erosi Aktual dan Potensial Plot 2A Sebelum Kalibrasi



Gambar. 8 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 3A Sebelum Kalibrasi



Gambar. 9 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 3B Sebelum Kalibrasi

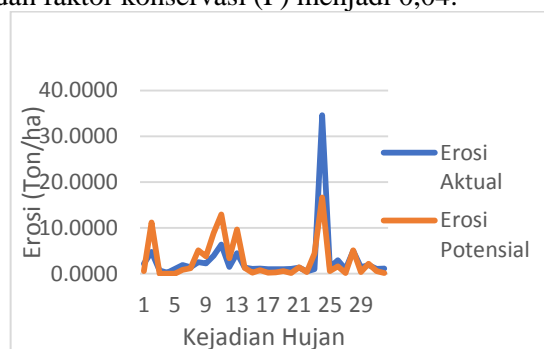


Gambar. 10 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 3C Sebelum Kalibrasi

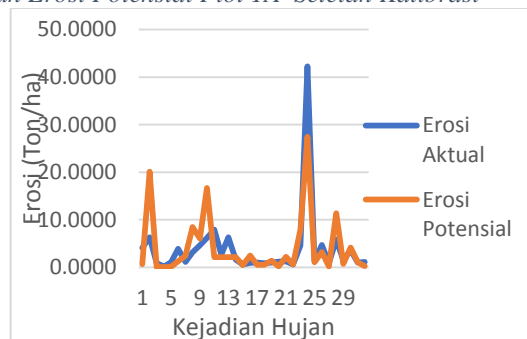
Pada grafik perbandingan erosi aktual dengan erosi potensial gambar 3 sampai 10 nilai perhitungan erosi potensial menggunakan persamaan 1 sebelum dilakukan kalibrasi menunjukkan nilai yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan nilai erosi aktual atau dapat dikatakan *overestimate* sehingga menyebabkan hasil uji NSE pada setiap plot menunjukkan kategori yang tidak memuaskan karena bernilai  $\leq 50$ . Pada plot 1A, 1B, dan 1C sebelum dilakukan kalibrasi menunjukkan nilai NSE sebesar -67,71, -1,40, -48,31. Nilai NSE plot 2A, 2B, dan 2C sebesar -656,98, -43,81, dan -364,88 kemudian nilai NSE pada plot 3A, 3B, dan 3C menunjukkan nilai sebesar -633,13, -25,53, dan -25,53.

Menurut (Zheng et al., 2020) jika nilai NSE menunjukkan nilai negatif maka model yang digunakan merupakan prediktor yang buruk daripada nilai rata-rata yang diukur. Nilai NSE yang tidak memuaskan menunjukkan perlunya dilakukan kalibrasi. Parameter yang digunakan pada persamaan MUSLE perlu dilakukan optimasi dengan cara melakukan perubahan pada nilainya. Parameter yang dapat dilakukan kalibrasi dalam persamaan MUSLE yaitu pada nilai pengelolaan tanaman (C) dan nilai tindakan konservasi tanah (P) dilakukan secara manual *trial and error*.

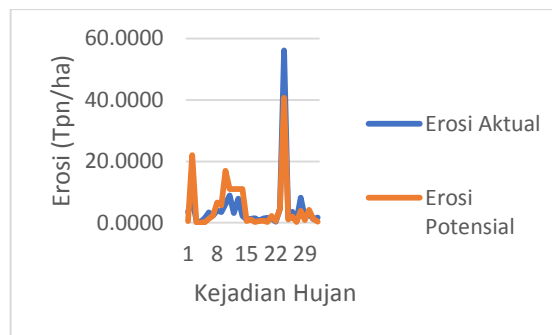
Optimasi parameter menunjukkan hasil kalibrasi setelah uji NSE setiap plot mencapai memuaskan Pada plot 1A faktor (C) dan (P) yang digunakan yaitu 0,50 dan 0,15. Pada plot 1B faktor (C) dan (P) divalidasi menjadi 0,80 dan 0,15. Pada plot 1C faktor (C) dan (P) menjadi 0,85 dan 0,15 sehingga nilai NSE pada plot 1A, 1B, dan 1C menjadi baik dan memuaskan. Pada plot 2A, 2B, dan 2C nilai (C) masing-masing dirubah menjadi 0,20, 0,60, dan 0,30 dan faktor (P) dirubah menjadi 0,15, 0,04, dan 0,15 sehingga hasil uji NSE setelah dilakukan kalibrasi menunjukkan nilai yang memuaskan. Pada plot 3A, 3B, dan 3C faktor (C) dirubah menjadi 0,60, 0,75, dan 0,80 dan faktor konservasi (P) menjadi 0,04.



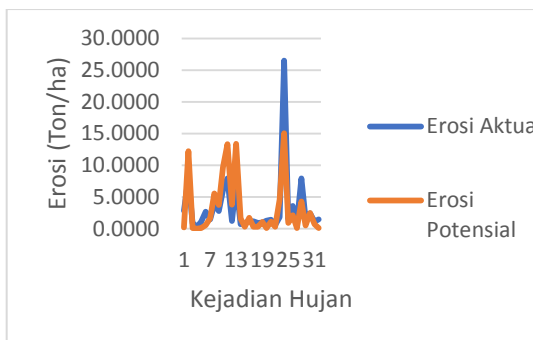
Gambar. 11 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 1A Setelah Kalibrasi



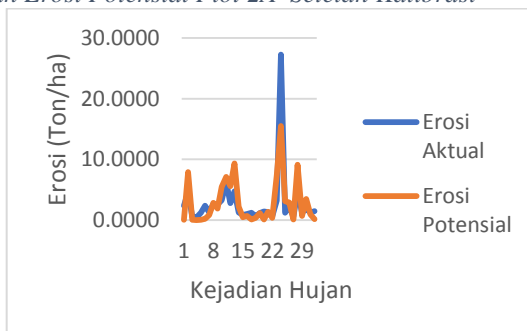
Gambar. 12 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 1B Setelah Kalibrasi



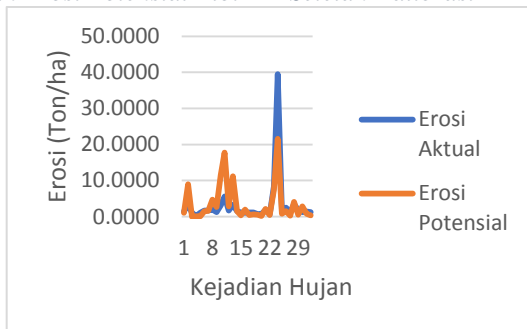
Gambar. 13 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 1C Setelah Kalibrasi



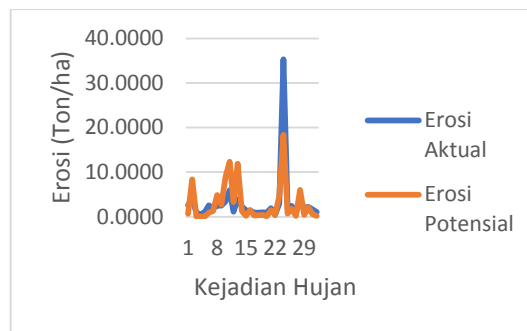
Gambar. 14 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 2A Setelah Kalibrasi



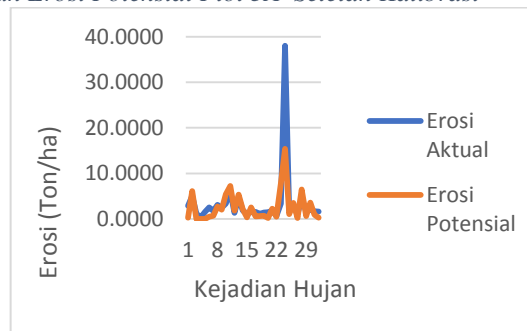
Gambar. 15 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 2B Setelah Kalibrasi



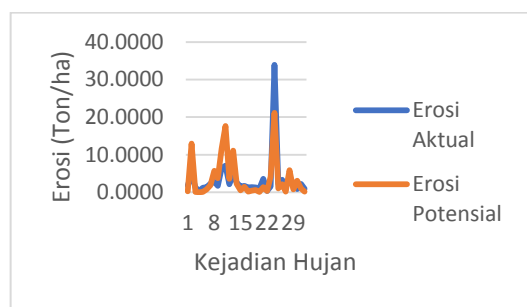
Gambar. 16 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 2C Setelah Kalibrasi



Gambar. 17 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 3A Setelah Kalibrasi



Gambar. 18 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 3B Setelah Kalibrasi



Gambar. 19 Grafik Perbandingan Erosi Aktual dengan Erosi Potensial Plot 3C Setelah Kalibrasi

Tabel 3. Hasil Erosi dan Uji NSE Setelah Kalibrasi

Keterangan	Plot 1					
	A		B		C	
	Aktual	Potensial	Aktual	Potensial	Aktual	Potensial
Erosi Setelah Kalibrasi	94,32	95,04	124,47	130,35	146,76	164,84
Uji NSE	0,55 (Memuaskan)		0,59 (Memuaskan)		0,74 (Baik)	
Keterangan	Plot 2					
	A		B		C	
	Aktual	Potensial	Aktual	Potensial	Aktual	Potensial
Erosi Setelah Kalibrasi	104,35	102,24	90,03	91,87	99,72	112,02
Uji NSE	0,61 (Baik)		0,64 (Baik)		0,54 (Memuaskan)	
Keterangan	Plot 2					
	A		B		C	
	Aktual	Potensial	Aktual	Potensial	Aktual	Potensial
Erosi Setelah Kalibrasi	97,63	96,19	107,67	82,46	105,87	116,81
Uji NSE	0,57 (Memuaskan)		0,56 (Memuaskan)		0,56 (Memuaskan)	

Hasil uji NSE setelah dilakukan kalibrasi pada nilai faktor (C) dan (P) menunjukkan bahwa erosi aktual dan erosi prediksi memiliki kedekatan terhadap nilai erosi aktual sehingga uji NSE model prediksi menunjukkan nilai memuaskan dan baik. Hasil uji NSE menunjukkan bahwa model prediksi MUSLE telah dapat melakukan simulasi erosi yang terjadi di Kawasan hulu DTA Citarik, dan hasil telah mencapai memuaskan dan baik sehingga mendekati keadaan lapangan. Luaran model prediksi menunjukkan nilai erosi potensial pada kejadian hujan awal cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan erosi aktual.

## 5. KESIMPULAN

Besarnya erosi aktual pada plot erosi kemiringan 5% (1A, 1B, dan 1C) selama 3 bulan sebesar 94,32 ton/ha, 124,47 ton/ha, 146,76 ton/ha. Pada plot kemiringan 12% (2A, 2B, dan 2C) yaitu sebesar 104,35 ton/ha, 90 ton/ha, dan 99,72 ton/ha. Plot kemiringan 15% (3A, 3B, dan 3C) yaitu sebesar 97,63 ton/ha, 107,67 ton/ha, dan 105,87 ton/ha.

Erosi potensial sebelum dilakukan kalibrasi pada nilai (C) dan (P) pada setiap plot menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan erosi aktual atau *overestimate*. Setelah dilakukan kalibrasi pada nilai (C) dan (P) erosi potensial pada plot 1A, 1B, dan 1C sebesar 95,04 ton/ha, 130,35 ton/ha, dan 164,84 ton/ha. Pada plot 2A, 2B, dan 2C sebesar 102,24 ton/ha, 91,87 ton/ha, dan 112,02 ton/ha. Pada plot 3A, 3B, 3C sebesar 102,24 ton/ha, 91,87 ton/ha, dan 112,02 ton/ha.

## 6. REFERENSI

- Arsyad, S.2012. Konservasi Tanah dan Air. Bogor. Bogor. IPB Press
- D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, & T. L. Veith. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885–900.  
<https://doi.org/10.13031/2013.23153>
- Sadeghi, S. H. R., & Mizuyama, T. (2007). Applicability of the Modified Universal Soil Loss Equation for prediction of sediment yield in Khanmirza watershed, Iran. *Hydrological Sciences Journal*, 52(5), 1068–1075.  
<https://doi.org/10.1623/hysj.52.5.1068>
- Vadari, T., Subagyo, K., & Sutrisno, N. (1995). Model Prediksi Erosi: Prinsip, Keunggulan, Dan Keterbatasan. *Prinsip, Keunggulan Dan Keterbatasan*, 31–71.
- Widiatmaka, W. (2015). *Erosi pada lahan kering marginal yang digunakan untuk permukiman transmigrasi: studi kasus unit permukiman transmigrasi (upt) rantau pandan sp-5, provinsi jamb! October*.
- Zheng, F., Zhang, X. C. (John., Wang, J., & Flanagan, D. C. (2020). Assessing applicability of the WEPP hillslope model to steep landscapes in the northern Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research*, 197(26), 104492.  
<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104492>