Analisa Erosi Tanah Pasir Kelanauan Bitung
(Erosion Analysis of Bitung Silty Sand)

Fabian J. Manoppo

ABSTRAK

Sulawesi Utara khususnya kota Bitung memiliki ciri khas dimana cukup banyak terdapat daerah yang berbukit – bukit yang kondisi tanahnya adalah berpasir. Dikaitkan dengan tingkat curah hujan yang cukup tinggi serta sikap perilaku penduduk yang mengabaikan tentang lingkungan berupa penggundulan hutan yang menyebabkan banyaknya lahan kritis maka hal yang sangat perlu dibuat adalah menganalisa besarnya tingkat erosi yang bertujuan untuk mencegah laju sedimentasi pada sistem drainase kota serta menjaga kestabilan lereng terhindar dari bahaya longsor.

Teori USLE digunakan untuk menghitung secara teori besarnya erosi yang tejadi pada tanah pasir kelanauan Bitung akan dibandingkan dengan hasil yang didapat dari pemodelan dengan dua perbedaan kemiringan, yaitu 10% dan 12,5%. Nilai erodibilitas tanah diambil
K = 0,7. Hasil yang diperoleh dari percobaan di lapangan menunjukkan massa tanah tererosi A=6,05 kg/m2/hari lebih besar dibandingkan dengan Teori USLE A=5,18 kg/m2/hari pada kemiringan 10% sebaliknya pada kemiringan 12,5% hasil percobaan dilapangan menunjukkan massa tanah tererosi A=6.8 kg/m^2/hari lebih kecil dari Teori USLE A=7,34 kg/m^2/hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa teori USLE dapat digunakan untuk menganalisa tanah pasir kelanauan Bitung.

Kata kunci : Erosi, Curah Hujan, Kemiringan, Teori USLE, Pasir Kelanauan.

I. PENDAHULUAN

Kota Bitung yang berbukit-bukit dan kondisi tanahnya cukup banyak berjenis pasir kelanauan pada musim penghujan sangat mudah terjadi erosi. Erosi yang tidak terkendali akan menyebabkan berbagai masalah, diantaranya pendangkalan pada sungai, danau, waduk, bendungan dan saluran-saluran drainase terutama pada daerah perkotaan seperti halnya di kota Bitung. Setiap tahun kerugian langsung dan tak langsung akibat erosi tidaklah sedikit. Erosi tanah itu sendiri merupakan suatu proses/peristiwa terpindahkannya atau hilangnya bagian-bagian atau seluruhnya lapisan tanah permukaan (*top soil*) yang disebabkan gerakan/aliran air permukaan dan/atau oleh angin.

Pada tanah yang permukaannya telah gundul (tanpa tanaman-tanaman pelindung), yang diakibatkan oleh cara pengelolaan yang salah, penebangan liar yang terus-menerus, lapisan-lapisan tanah permukaan akan lebih cepat mengalami kehilangan. Dengan kata lain, pada daerah yang gundul, kemungkinan terjadinya erosi akan lebih tinggi. Tanah yang tererosi akan terbawa oleh air hujan ke dalam sungai-sungai, danau, waduk, maupun pantai-pantai sehingga mengakibatkan pendangkalan sungai sehingga kapasitas penyaluran air menjadi terbatas. Demikian halnya fungsi bangunan dan jaringan irigasi akan ikut berkurang. Dengan menghubungkan kerusakan/pengikisan dan penghanyutan dengan faktor-faktor penyebabnya, maka besarnya erosi tanah yang mungkin terjadi atau terjadi dapat diduga dengan mengendalikan faktor-faktor penyebab yang ada. Penelitian ini untuk menghitung perbandingan besarnya erosi dalam jangka waktu tertentu dengan pemodelan di lapangan dan metode PUKT (Persamaan Umum Kehilangan Tanah) atau USLE (*Universal Soil Loss Equation*), yaitu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa besarnya laju erosi yang timbul. Metode ini diciptakan oleh Weischmeier & Smith(1965, 1978).

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pemodelan di Lapangan

Pemodelan yang direncanakan memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Lahan Gundul dan Licin 1 (dengan perlakuan), dibuat mengikuti kemiringan pada lapangan.

Panjang Lereng	=	3 m
Lebar	=	1 m
Tinggi	=	30 cm (ketebalan tanah salah 1 sisi)
Slope	=	10 % (kemiringan lereng)

2. Lahan Gundul dan Licin 2 (dengan perlakuan), dibuat lebih landai dengan mengurangi persen kemiringan.

Panjang Lereng	=	3 m
Lebar	=	1 m
Tinggi	=	37,5 cm (ketebalan tanah salah 1 sisi)
Slope	=	12,5 % (kemiringan lereng)

Digunakan plat baja sebagai bahan pemodelan dan material tanah diambil pada lokasi Girian Bitung (pasir kelanauan).

2.2. Sifat Tanah Pasiran Yang Dipadatkan.

Berdasarkan pada Design Manual 7.2, USNAVY (1982) ,maka sifat-sifat yang khas dari tanah pasir lanau lempungan (SC-MC)) yang

dipadatkan mempunyai range (kisaran) nilai $\gamma_{d.max}$ antara 1.8 – 2.1 t/m3, sedangkan w_{opt} antar 11-15 %.

Berkaitan dengan pemadatan yang dipakai pada penelitian ini, penulis hanya menggunakan pengujian standard Proctor, dimana data hasil pengujian ini dipakai sebagai dasar perhitungan (w_{opt} dan $\gamma_{d.max}$). Selanjutnya w_{opt} di laboratorium kami konversikan dilapangan dengan cara meghitung volume tanah di lapangan (percobaan) dan membandingkan dengan volume tanah pada percobaan standard di laboratorium. Dari sini dapat diketahui berapa banyak air yang diperlukan pada percobaan. Pendekatan ini dilakukan karena belum ada cara lain untuk mengidealisasikan kondisi lapangan dengan kondisi dilaboratoriun selain dengan cara ini.

Pemadatan laboratorium adalah untuk mengsimulasikan prosedur pemadatan lapangan. Hasil-hasil ini diharapkan dapat dipakai untuk optimasi dan pengendalian dilapangan. Metode pemadatan di laboratorium terdiri dari: Pemadatan Dinamis (proctor standar) dan Kneading Compaction. Kneading Compaction yang pertama kali dilakukan oleh The California Division of Hihghway dilakukan sebagai berikut: Sampel ditempatkan dalam cetakan yang mempunyai diameter 1.2 mm dan tinggi 127 mm kemudian dipadatkan dengan cara diremas 100 kali dengan tingkat energi tertentu. Pemadatan ini sama dengan pemadatan lapangan menggunakan sheepfoot roller dan tamping rollers.

Adapun nilai faktor gabungan panjang dan ketajaman lereng (LS) yang digunakan dalam pemodelan sesuai dengan yang diusulkan oleh Israelson, yaitu:

Ratio Kemiringan		
10 : 1	dengan LS_1	= 0,43
	panjang	= 300 cm
	tinggi	= 30 cm
8 : 1	dengan LS_2	= 0,61
	panjang	= 300 cm
	tinggi	= 37,5 cm

Pemodelan tanah dilakukan pada malam hari guna mengurangi penguapan yang akan mungkin terjadi bila dilakukan pemadatan pada siang hari.

Setelah tanah selesai dimodelkan, tanah dibuka untuk pertama kalinya pada pukul 07.00 pagi. Kenudian tanah dibiarkan menerima hujan (bila ada hujan) selama 24 jam, esoknya pada jam yang sama tanah yang tererosi dipindahkan ke wadah kemudian dijemur untuk ditimbang.

III. LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Erosi

Istilah erosi dipakai dalam bidang geologi untuk menggambarkan proses pembentukan alur-alur atau parit-parit dan penghanyutan bahan-bahan padat oleh aliran air. Proses erosi lereng dimulai dari pencucian tanah (slope wash). Istilah pencucian tanah dipakai untuk menunjukkan suatu bentuk erosi akibat bergeraknya air sebagai lapisan tanah yang tipis dan relatif seragam.

Erosi dan sedimentasi yang diakibatkan oleh air, terdiri dari 3 proses utama, yaitu:

1. Pelepasan
2. Pemindahan
3. Pengendapan

Besarnya kehilangan tanah atau dipindahkannya tanah dari suatu tempat ke tempat lain pada permukaan bumi, sesuai dengan tipe penggerak erosinya (angin, air, percikan air hujan, dan gaya gravitasi) dengan tipe menurut sumbernya antara lain erosi percikan (*splash erosion)*, erosi kulit *(sheet erosion)*, erosi alur *(riil erosion)*, dan erosi parit *(gully erosion)*.

3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Erosi

Pada dasarnya erosi adalah akibat interaksi kerja antara faktor iklim, topografi, tumbuh-tumbuhan, dan manusia terhadap lahan yang dinyatakan dalam persamaan deskriptif berikut:

$$E = f(i,r,v,t,m)$$

Dimana,

E = erosi
i = iklim
r = topografi
v = vegetasi
t = tanah
m = manusia

3.3. Perkiraan Erosi

Suatu parameter untuk memprediksi erosi dari suatu bidang tanah telah dikembangkan oleh Weischmeier & Smith (1965, 1978) dinamakan *The Universal Soil Loss Equation* (USLE). Menurut Weischmeier & Smith, besarnya tanah yang hilang dipengaruhi oleh 6 faktor, yaitu:

1. Panjang lereng
2. Kemiringan lereng
3. Penutup permukaan tanah
4. Pengelolaan tanah
5. Tipe tanah
6. Curah hujan

Untuk menentukan banyaknya tanah yang tererosi dipermukaan tanah yang hilang saat hujan, maka dapat digunakan persamaan USLE.

$$A = R.K.LS.C.P \qquad (3.1)$$

Dimana:

A = banyaknya tanah yang tererosi per hektar untuk periode hujan atau interval waktu tertentu (ton/ha/tahun)

R = faktor curah hujan dan aliran permukaan, yaitu jumlah satu index erosi hujan yang merupakan perkalian antara energi hujan total (E), dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I_{30})

K = faktor erodibilitas tanah, yaitu kecepatan erosi per index erosi hujan (R) suatu tanah dari petak percobaan standar, yaitu petak percobaan yang panjangnya 22,1 (72,6 ft) yang terletak pada lereng dengan kemiringan 9% dan tanpa tanaman.

LS = faktor panjang lereng (L) dan kecuraman lereng (S)

L = faktor panjang lereng, yaitu perbandingan antara besarnya erosi tanah dengan panjang lereng tertentu terhadap besarnya erosi tanah dengan panjang lereng 22,1 m (72,6 ft) pada kondisi yang identik.

S = faktor kecuraman lereng, yaitu perbandingan antara besarnya erosi yang terjadi pada suatu bidang tanah dengan kecuraman tertentu terhadap besarnya erosi pada tanah dengan kemiringan lereng 9% pada kondisi yang identik.

C = faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman (tak berdimensi), yaitu perbandingan antara besarnya erosi dari suatu bidang tanah dengan penutup yang disertai pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tapi tanpa tanaman.

P = faktor praktis pengontrol erosi atau faktor tindakan khusus konservasi tanah (tak berdimensi), yaitu perbandingan antara besarnya erosi suatu tanah yang diberi tindakan perlakuan konservasi, terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng dalam kondisi yang identik.

Untuk menghitung banyaknya tanah yang hilang oleh erosi dalam ton/tahun, nilai A harus dikalikan dengan luas yang ditinjau.

Data-data yang diperlukan dalam pendugaan besarnya erosi menggunakan metode USLE ini adalah:

a. Faktor Erosi Hujan (R)

Faktor erosi hujan (R) menggabungkan komponen energi dan intensitas hujan ke dalam satu angka. Faktor R menyatakan faktor fisik hujan yang dapat menyebabkan timbulnya proses erosi (disebut erosivitas hujan). Erosivitas hujan dapat dihitung dari data curah hujan yang diperoleh dari pengukur hujan. Dengan menggunakan data hujan harian, hari hujan, dan hujan bulanan, dapat dihitung secara pendekatan nilai EI_{30} yang diusulkan oleh Bols (1978), yaitu:

Untuk hujan harian

$$Rd = \frac{2{,}467(Pd)^2}{0{,}02727Pd + 0{,}0275} \qquad (3.2)$$

Dengan:

R_d = erosivitas hujan harian

P_d = curah hujan harian (cm)

b. Faktor Erodobilitas (K)

Indeks erodibilitas tanah disebut juga indeks kepekaan tanah yang didefinisikan sebagai laju kehilangan tanah tahunan dalam satuan berat per satuan luas tanah per nilai indeks erosivitas hujan untuk tanah dalam keadaan standar (tidak ada vegetasi sama sekali)

Hirarkhi erodibitas tanah yang didasarkan pada klasifikasi tanah sistem unified untuk jenis tanah pasir berlanau (SM) Bitung memiliki Faktor Erosi (K) 0.6 – 0.7

c. Faktor Gabungan Panjang dan Kemiringan Lereng

Persamaan yang diusulkan weischmeier & Smith 1965, 1978, untuk menghitung LS, yaitu:

$$LS = \frac{65\,s^2 L'}{s^2 + 10000} + \frac{4{,}6sL'}{s^2 + 10000^{0,5}} + 0{,}065L' \qquad (3.3)$$

Dimana:

S = kemiringan lereng (%)

L' = faktor panjang yang nilainya = $(L/22{,}1)^m$

L = panjang lereng (m)

c. Faktor Penutup Vegetasi

Faktor penutup C untuk beberapa kondisi penutup tanah yang berbeda-beda yang diusulkan oleh Goldman et al, 1986.

d. Faktor Pengendali Erosi

Faktor pengendali erosi (P) digunakan teori Goldman et al, 1986)

IV. HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Laju Erosi Menurut Teori Usle

a. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Rumus :

$$R = \frac{2{,}467\ (Pd\ )^2}{0{,}02727\ \ Pd\ + 0{,}0275}$$

Dengan :

R_d = erosivitas hujan harian

P_d = curah hujan harian (cm)

Data curah hujan yang dipakai adalah mulai tanggal 10 Oktober 2008 – 27 Oktober 2008 terhitung data 16 Hari Hujan berasal dari pengamatan curah hujan harian di Stasiun Klimatologi Kayuwatu Pusat (lihat lampiran data curah hujan). Pengukuran curah hujan dilakukan dengan menggunakan alat Penakar Hujan Observatorium (PH.OBS).

Tabel 4.1 Hasil Hitungan Nilai Erosivitas Hujan Harian

Tanggal	Pd (cm)	R
10 Oktober 2008	42,4	113,538
11 Oktober 2008	-	-
12 Oktober 2008	3,1	0,836
13 Oktober 2008	5,3	2,394
14 Oktober 2008	1,1	0,107
15 Oktober 2008	46,4	132,277
16 Oktober 2008	0,8	0,057
17 Oktober 2008	11,4	10,474
18 Oktober 2008	TTU	TTU
19 Oktober 2008	13,7	14,824
20 Oktober 2008	5,6	2,665
21 Oktober 2008	11,0	9,787
22 Oktober 2008	2,4	0,505
23 Oktober 2008	6,2	3,249
24 Oktober 2008	30,2	62,963
25 Oktober 2008	21,8	35,055
26 Oktober 2008	8,9	6,963
27 Oktober 2008	42,3	113,082

Keterangan:

TTU = ada hujan tapi tidak terbaca

\- = tidak ada hujan

b. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Menurut hasil pemeriksaan di laboratorium dengan sistem klasifikasi Unified, tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah pasir kelanauan bergradasi buruk dengan demikian, faktor K (indeks erodibilitas tanah) yang dipakai adalah K = 0,6 – 0,7 diambil K = 0,7

c. Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

Rumus :

$$LS = \frac{65\,s^2 L}{s^2 + 100002} + \frac{4{,}6\,sL'}{s^2 + 10000^{0,3}} + 0{,}065\,L'$$

Dengan :

L = 3 m

s_1 = 10 %

L' = $(L/22{,}1)^m$

= $(3/22{,}1)^{0,5}$

= 0,368

$$LS' = \frac{65s^2L'}{s^2+100002} + \frac{4{,}6sL'}{s^2+10000^{0,3}} + 0{,}065L'$$

= 0,43

L = 3 m

s_2 = 12,5 %

L' = $(L/22{,}1)^m$

= $(3/22{,}1)^{0,5}$

= 0,368

$$LS_2 = \frac{65\,s^2 L'}{s_2^2 + 10000} + \frac{4{,}6\,sL'}{s_2^2 + 10000^{0,3}} + 0{,}065\,L'$$

= 0,61

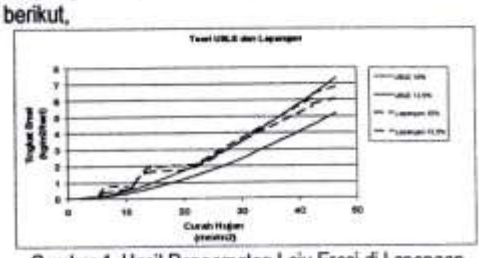
d. Faktor Penutup Vegetasi (C)

Digunakan C = 1 untuk lahan gundul tanpa vegetasi

e. Faktor Pengendali Erosi (P)

Untuk kondisi dipadatkan dan licin digunakan P = 1,3

Hasil Perhitungan massa tanah yang tererosi dengan teori USLE dengan nilai K=0,7 dan model test dilapangan dapat dilihat pada *Gambar 1* sebagai berikut,



Gambar 1. Hasil Pengamatan Laju Erosi di Lapangan dibandingkan dengan teori USLE (k=0,7)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hubungan tingkat erosi dan curah hujan dari model terhadap hasil yang didapat dengan Teori USLE adalah mempunyai perbedaan yang signifikan dimana diperoleh:

   Teori USLE

   Curah Hujan terbesar = 46,4 mm/m²

   Dipadatkan dan licin 10% = 5,18 kg/m²/hari

   Dipadatkan dan licin 12,5% = 7,34 kg/m²/hari

   Lapangan = 46,4 mm/m²

   Dipadatkan dan licin 10% = 6,05 kg/m²/hari

   Dipadatkan dan licin 12,5% = 6,8 kg/m²/hari

   Tingkat kemiringan sangat mempengaruhi tingkat erosi tanah

   Semakin besar kemiringan semakin besar tingkat erosi tanah.

2. Pemodelan untuk mendapatkan tingkat erosi yang terjadi pada tanah pasir berlanau lempungan yang diambil di Girian Bitung berada pada range antara Teori USLE, pada kondisi 10%, yang lebih besar adalah Teori USLE, sedangkan pada kondisi 12,5% yang lebih besar adalah di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Buchman, Harry O. & Nyle C. Brady. 1969. Ilmu Tanah.Bhratara Karya Aksara. Jakarta.

Das, B. M.1998. *Principles of Geotechnical Engineering*. PWS Publisher. International Thomson Publishing Inc.

Das, B.M..1988.Mekanika Tanah:Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis.PWS Publisher Erlangga.Jakarta.

Hakim, DR. Nurhayati, dkk.1986.Dasar-Dasar Ilmu Tanah.Univ.Lampung, Lampung.

Hardiyatmo,H.C.2006.Penanganan Tanah Longsor dan Erosi.Gadjah Mada University Press.Yogyakarta.

Hausmann, Manfred. R. 1994. *Engineering Principles Of Ground Modification*.Mc Graw Hill. Tasmania Australia.

Kartasapoetra,Ir.A.G.1989.Kerusakan Tanah Pertanian dan Usaha Untuk Merehabilitasinya.Bina Aksara, Jakarta

NAVAC D.M-7. U.s Corps Of Engineers. 1977,USA

Punmia B.C.1983.*SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS*.Standard Book House.New Delhi India.

Rahim, S.E.2000.Pengendalian Erosi Tanah.Bina Aksara.Jakarta.