

Pengaruh Morfologi Terhadap Karakter Fisika-Kimia Tanah di Lingkungan Pertambangan Benuang, Kalimantan Selatan

Efrinda Ari Ayuningtyas¹

¹ Program Studi Geografi, FISIP, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Brigjen Hasan Basri, Pangeran, Banjarmasin Utara, Banjarmasin 70123

*Email: eph.efrinda@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini ditujukan untuk mengkaji hubungan antara karakter fisika-kimia tanah terhadap berbagai kelas kemiringan lereng di lokasi pertambangan yaitu di SubDAS Benuang, Kalimantan Selatan. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm di setiap kelas kemiringan lereng secara *purposive random sampling*. Sifat fisik-kimia tanah yang dikaji adalah kadar C-organik tanah dan tekstur tanah. Hasil analisis statistik uji *Pearson Correlation* menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara fraksi lempung dan debu terhadap kadar C-organik tanah, tetapi tidak demikian pada fraksi pasir. Berdasarkan hasil uji statistik ANOVA menggambarkan bahwa hubungan antara kemiringan lereng dan C-organik tanah adalah berbanding lurus dengan $p < 0,05$, demikian pula hubungannya dengan tekstur tanah. Nilai tersebut menjelaskan bahwa semakin terjal kemiringan lereng di SubDAS Benuang, maka tekstur tanah pasir akan semakin mendominasi ($R^2=0,9987$), sedangkan lempung ($R^2= 0,7771$) dan debu ($R^2= 0,0565$) akan semakin berkurang. Peningkatan kadar C-organik tanah juga selaras dengan penurunan kemiringan lereng dengan $R^2=0,0201$.

Keywords: morfologi; c-organik, tekstur tanah; pertambangan; benuang; statistik

1. Pendahuluan

Sektor pertambangan merupakan salah satu aspek penunjang perekonomian suatu negara. Indonesia memiliki Pulau Kalimantan sebagai penyokong sumberdaya tambang batubara sebesar 62,1% dari total cadangan atau setara 88,31 miliar ton sumberdaya dan ini adalah nilai terbesar untuk seluruh negeri. Kebutuhan terbesar dari pengolahan batubara di Indonesia adalah 80% untuk pembangkit listrik sebagai kebutuhan primer penduduk Indonesia (ESDM, 2021). Namun, jika dilihat dari stabilitas kualitas lahan di sekitar pertambangan, maka perlu penilaian dan penelitian lebih lanjut demi menjaga produktivitas lahan untuk kebutuhan primer lainnya yaitu pertanian.

Produktivitas lahan pertanian khususnya padi sawah di Kecamatan Benuang meningkat dari tahun 2010-2021 yaitu 43,19 ton/ha menjadi 48,66 ton/ha (Kabupaten Tapin dalam Angka 2010 dan Benuang dalam Angka 2021). Masyarakat petani mengupayakan secara maksimal lahan dataran di sekitar area pertambangan agar dapat berproduksi. Jika dilihat dari aspek angka panen, maka nilai tersebut adalah sebuah keberhasilan seiring dengan pertamC- jumlah penduduk. Akan tetapi, perlu adanya tinjauan berkaitan dengan sifat-sifat tanah agar dapat diketahui distribusi kualitas lahan terbaik untuk pengembangan lahan pertanian sawah.

Produktivitas lahan tentunya dipengaruhi oleh sifat kimia dan fisik tanah seperti kadar C-organik dan tekstur tanah. Tingginya aktivitas pertambangan di Kecamatan Benuang akan mengakibatkan pembukaan lahan semakin intensif. Lahan terbuka terancam untuk mengalami pengikisan atau erosi, sehingga turut berpengaruh terhadap

kadar C-organik dalam tanah. Hal ini akan berpengaruh juga terhadap stabilitas tanah yang tentu saja tinggi rendahnya tingkat erosi tanah juga dipengaruhi oleh kelerengan (Arsyad, 2010). Selain itu, menurut Tangketasi, dkk. (2012) yang menyebutkan dalam penelitiannya bahwa penurunan kandungan C-organik tanah dapat juga diakibatkan oleh aktivitas pertanian seperti pada saat pasca panen dengan cara pembakaran jerami.

Mengurangi laju pertumbuhan lahan tambang bukanlah alternatif, tetapi memperluas areal pertanian juga bukan hal yang mudah dilakukan. Salah satu yang dapat diusahakan adalah dengan mengevaluasi alih fungsi lahan non pertanian menjadi lahan pertanian. Untuk dapat mengoptimalkan lahan, langkah pertama yang dapat ditinjau adalah sifat fisik tanah seperti kadar C-organik dan tekstur tanah. Menurut pengamatan penulis, sebagian wilayah di Kecamatan Benuang masih potensial untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian. Pengembangan lahan pertanian ini mempertimbangkan kondisi topografi sebagai unsur penunjang dalam evaluasi kesesuaian lahan. Salah satu unsur topografi tersebut adalah morfologi dan morfometri.

Sebagai salah satu unsur topografi, kelerengan berperan dalam perkembangan tanah melalui tahap pelapukan, pengikisan, pengangkutan, dan pengendapan. Wilayah dengan tingkat erosi cukup tinggi ditandai dengan rusaknya sifat-sifat fisik dan kimia tanah. Kondisi ini akan mempengaruhi tingkat produktivitas tergantung pada jenis tanaman. Dalam penjelasan menurut Asdak (2002), kemiringan dan posisi lereng menentukan besar kecilnya erosi yang dapat dianalisis melalui laju aliran permukaan.

Tentunya tingkat erosi ini juga dipengaruhi oleh kekuatan agregat tanah yang dapat diketahui dari komposisi fraksi tanah. Lahan dengan kemiringan lereng yang lebih terjal akan memiliki potensi erosi lebih besar, sehingga potensi kehilangan C- organik tanah juga akan semakin tinggi. Dengan dasar itulah penulis berupaya mengemukakan gagasan untuk menelaah lebih lanjut tentang keterkaitan antara kelerengan dengan sifat fisik dan kimia tanah. Dalam penelitian ini, sifat tanah difokuskan pada tekstur dan C-organik tanah.

2. Kerangka

Pengembangan lahan pertanian dapat ditinjau dari sisi kualitas lahannya berdasarkan hasil korelasi antara sifat fisik dan kimia tanah terhadap kondisi topografi wilayah. Pentingnya mengetahui korelasi ini adalah agar dapat menjadi bahan rujukan penelitian selanjutnya berkaitan dengan kajian kesesuaian lahan. Penelitian ini menjadi penting khususnya di wilayah pertambangan di SubDAS Binuang, Kecamatan Binuang, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan karena persaingan lahan antara pertanian dan pertambangan cukup signifikan di wilayah ini. Jika tidak dilakukan penelitian serupa, maka dikhawatirkan pengembangan lahan pertanian tidak memperhatikan karakteristik lahannya.

Adapun sifat fisik dan kimia tanah yang dikaji dalam penelitian ini khusus pada kadar C-organik dan tekstur tanah yang kemudian dibandingkan dengan kondisi morfologi lahan yaitu kemiringan lereng. Hasil kajian korelasi dalam penelitian ini diuji secara statistik dan dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sehingga akan melengkapi analisis ilmiah.

3. Metodologi

Penelitian ini mencakup proses persiapan peta kerja, pengambilan sampel tanah di lapangan, dan pengujian sifat fisik kimia tanah di laboratorium. Penyusunan peta kerja disesuaikan dengan tujuan dari penelitian ini yaitu mempertimbangkan kelas kemiringan lereng di lokasi penelitian. Adapun lokasi penelitian ini ada di SubDAS Binuang yang berada di kawasan pertambangan batubara dan perkebunan sawit di Kecamatan Binuang.

Peta kelas kemiringan lereng merupakan dasar pengambilan sampel tanah di lapangan secara stratified random sampling. Pada setiap kelas lereng diambil sampel tanah sebanyak 2 sampel tanah terusik untuk diuji di laboratorium. Pengambilan contoh tanah pada setiap kelas lereng dilakukan pada kedalaman 0-30 cm karena mewakili bagian topsoil atau lapisan tanah atas. Peralatan survei yang digunakan pada tahap ini antara lain GPS Avenza Maps, checklist, cangkul, plastik klip sampel tanah, sekop, label, dan kamera.

Pengolahan data hasil survei lapangan dilakukan setelah pengujian contoh tanah di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat. Pada proses ini menggunakan beberapa perangkat lunak seperti ArcGIS 10.8. dan Microsoft Office 2010. Pengujian statistik untuk data parametrik seperti sifat fisik dan kimia tanah yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara

tekstur tanah dan C- organik tanah adalah menggunakan *Pearson Correlation*. Pada metode ini, korelasi diperlihatkan pada kisaran nilai r antara -1 sampai +1. Semakin besar nilai r, maka tingkat kekuatan hubungan antar parameter semakin besar dan sebaliknya. Nilai positif dan negatifnya menggambarkan arah dair hubungan antar parameter yaitu tekstur dan C-organik tanah yang berarti berlawanan atau berbanding lurus. Pengujian statistik lainnya untuk mengetahui tingkat kekuatan hubungan antara kemiringan lereng dan sifat fisika-kimia tanah adalah ANOVA.

4. Hasil dan Pembahasan

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di lingkungan pertambangan Kecamatan Binuang, Kalimantan Selatan tepatnya di SubDAS Binuang (Gambar 1). Kawasan ini secara geomorfologis didominasi oleh bentuklahan asal denudasional dan fluvial. Perbedaan proses geomorfologi yang berlangsung di kedua bentuklahan tersebut adalah tingginya aktivitas erosi di kawasan denudasional, sedangkan di bentuklahan fluvial didominasi oleh aktivitas sungai seperti transportasi dan sedimentasi di kawasan hilir. Adapun kawasan hilir di lokasi penelitian terletak pada morfologi dataran berupa lahan rawa lebak.

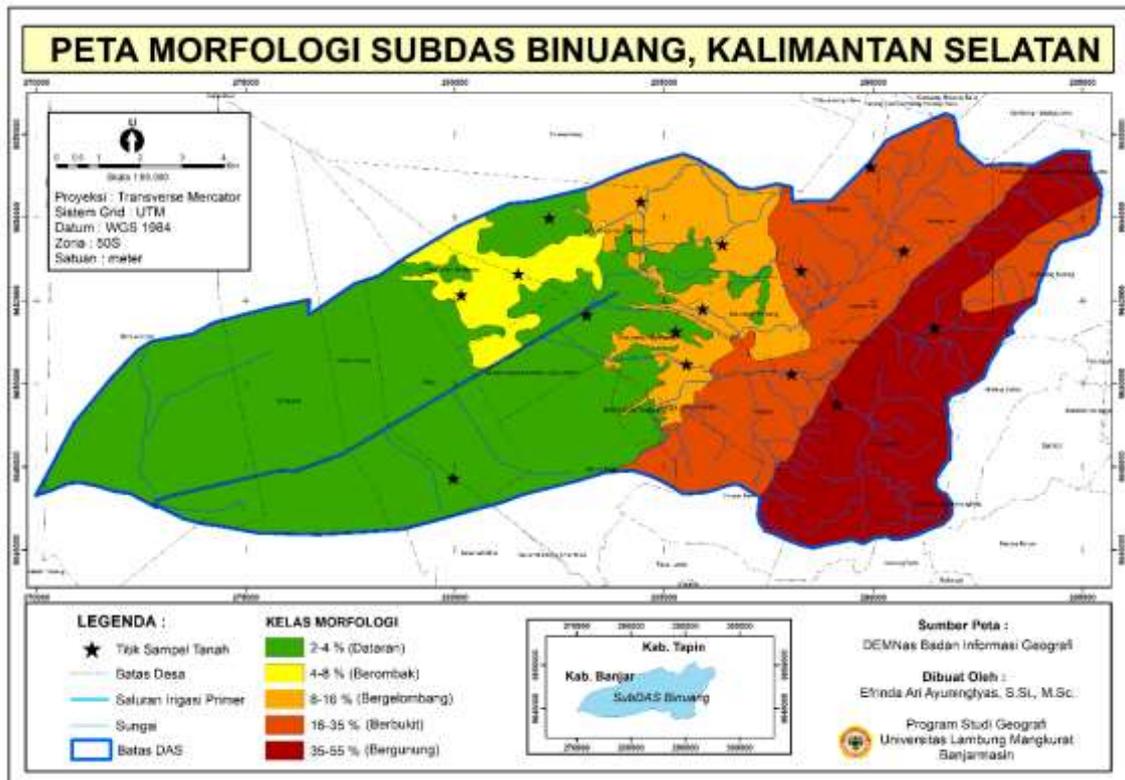
Klasifikasi morfologi di lokasi penelitian didasarkan atas kelas kemiringan lereng menurut van Zuidam (1985). Menurut klasifikasi tersebut, terdapat berbagai kemungkinan proses yang berlangsung pada setiap kelas relief seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Kondisi geomorfologi tersebut sangat berkaitan dengan kondisi perkembangan tanah di atasnya. Qin, et.al (2019) menyatakan dalam penelitiannya bahwa geomorfologi sebagai unsur geografi lingkungan sangat dekat kaitannya dengan erosi tanah. Melalui telaah dan kajian penelitian ini tentang hubungan antara lereng dan sifat fisik kimia tanah, diharapkan dapat menjadi gagasan penelitian lebih lanjut tentang hubungan antara geomorfologi dan tanah. Berikut gambaran kondisi lahan di berbagai kelas lereng di lokasi penelitian :

Tabel 1. Kelas Lereng dan Kondisi Alami Lahan di Lokasi Penelitian

No.	Kelas Lereng	Kondisi Alami Lahan
1.	2-4%	Lahan agak miring, beberapa ditemukan erosi lembar dan alur, kondisi berawa yang tererosi ringan
2.	4-8%	Lebih miring daripada kelas di atas dengan intensitas kejadian erosi serupa lebih banyak ditemukan di lapangan
3.	8-16%	Lahan mulai agak curam, muncul erosi alur dengan intensitas lebih banyak
4.	16-35%	Lahan miring yang didominasi oleh proses denudasi agak berat dan ditemukan <i>gully erosion</i>
5.	35-55%	Lahan curam, intensitas erosi berat, sehingga singkapan batuan banyak

ditemukan dan beberapa mengalami pelapukan

Sumber : Survei Lapangan, 2023



Gambar 1. Peta Morfologi SubDAS Binjau, Kalimantan Selatan

Analisis Korelasi C-Organik dan Tekstur Tanah

Korelasi antara kadar C-Organik dan tekstur tanah (fraksi pasir, debu, dan lempung) di lokasi penelitian menunjukkan korelasi negatif lemah pada fraksi pasir ($r = -0,35614$); korelasi positif sangat lemah pada fraksi debu ($r = 0,169141$); dan korelasi positif lemah pada fraksi lempung ($r = 0,38389$). Berdasarkan hasil korelasi tersebut menggambarkan bahwa tekstur tanah fraksi debu dan lempung terhadap kadar C-organik tanah adalah berbanding lurus, tetapi memiliki signifikansi yang lemah. Berbeda dengan fraksi pasir yang memiliki hubungan berbanding terbalik terhadap kadar C-organik tanah.

penting tekstur tanah untuk menjelaskan kapasitas tanah dalam menyimpan C-organik.

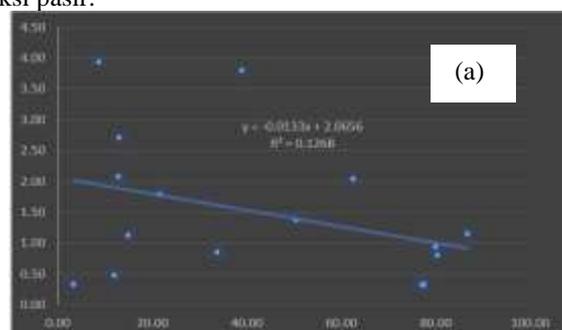
Fraksi pasir memiliki korelasi negatif terhadap C-organik. Hal ini disebabkan oleh susunan fraksi pasir didominasi oleh kuarsa dan berperan sebagai aerasi tanah, sehingga meningkatkan oksidasi C-organik dalam tanah dengan tingkat respirasi yang lebih tinggi dibandingkan tanah lempung. Pori tanah yang lebih besar pada fraksi pasir mengakibatkan air mudah lolos dan produktivitas tanaman tidak berkembang baik pada fraksi ini. Konen, et.al (2003) menambahkan bahwa kondisi tersebut mengindikasikan rendahnya jerapan kadar C-organik dalam fraksi pasir.

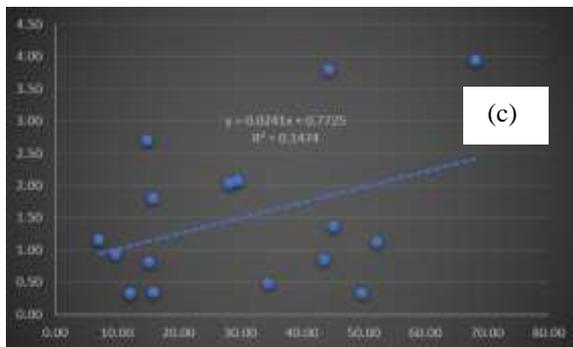
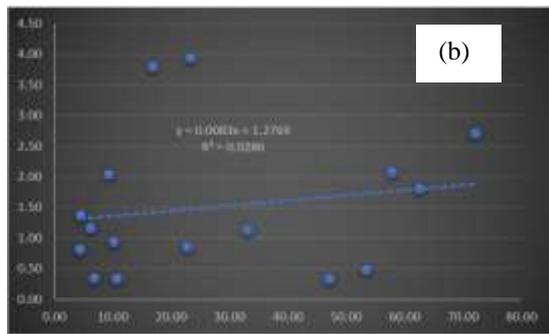
Tabel 2. Pearson Correlation Antara Tekstur dan Kadar C-Organik Tanah

No.	Tekstur Tanah	C-Organik Tanah
1	Pasir	-0,35614*
2	Debu	0,169141**
3	Lempung	0,38389**

Keterangan : *sangat lemah; **lemah

Berdasarkan hasil korelasi Pearson di atas menunjukkan bahwa secara keseluruhan tekstur tanah tidak berhubungan langsung terhadap kadar C-organik tanah. Namun, masing-masing fraksi memiliki peran tersendiri dalam menggambarkan kapasitas menyimpan bahan organik dalam tanah. Hal ini sejalan dengan Augustin and Larry (2016) yang menjelaskan dalam hasil penelitiannya bahwa tekstur tanah bukan penyebab utama penyimpanan kadar C-organik, tetapi dapat mengilustrasikan peran





Gambar 2. Korelasi Antara Fraksi (a) pasir; (b) debu; dan (c) lempung terhadap kadar C-Organik Tanah

Tekstur tanah berkaitan erat dengan kapasitas menyimpan air (*water holding capacity*) dimana tekstur halus lebih baik dalam mengadsorpsi air dan kandungan organik dibandingkan tekstur kasar. Fraksi pasir sangat lemah dalam menyerap air (Schatzel and Anderson, 2005). Dari ketiga regresi pada Gambar 2 di atas menunjukkan bahwa lempung memiliki nilai R² tertinggi dibandingkan dengan debu dan pasir yaitu 0,1474. Nilai ini menggambarkan bahwa lempung mempunyai keterkaitan paling erat dibandingkan fraksi lainnya terhadap kadar C-organik. Hasil penelitian ini berbeda dengan Augustin and Larry (2006) yang menunjukkan bahwa debu lebih berkorelasi positif terhadap C-organik daripada lempung. Namun, pada dasarnya kedua fraksi tersebut termasuk tekstur halus yang memiliki pori tanah lebih rendah daripada pasir, sehingga jerapan C-organik di dalamnya akan lebih tinggi. Tanah lempung bersifat anaerob, sehingga bahan organik yang terjerap akan mengalami humifikasi dan menetap lebih lama pada pori mikro.

Hubungan Antara Kadar C-Organik dan Kemiringan Lereng

Hasil analisis statistik deskriptif yang menunjukkan rerata kadar C-organik tanah dan persen fraksi tekstur tanah pada berbagai kelas lereng di kedalaman tanah 0-30 cm tersaji dalam Tabel 3. Nilai rerata prosentase kedua sifat tanah tersebut adalah data utama yang digunakan untuk analisis ANOVA. Setiap kemiringan lereng memiliki sifat fisik dan kimia tanah yang bervariasi. Hal ini dipengaruhi oleh tipe vegetasi yang banyak ditemukan di kelas lereng 16-35% yaitu kebun campur dan semak belukar. Adapun nilai kadar C-organik terkecil terdapat di kemiringan lereng 2-8% dengan jenis penggunaan lahan terbanyak yaitu permukiman, kebun sawit, dan lahan terbuka. Analisis ini

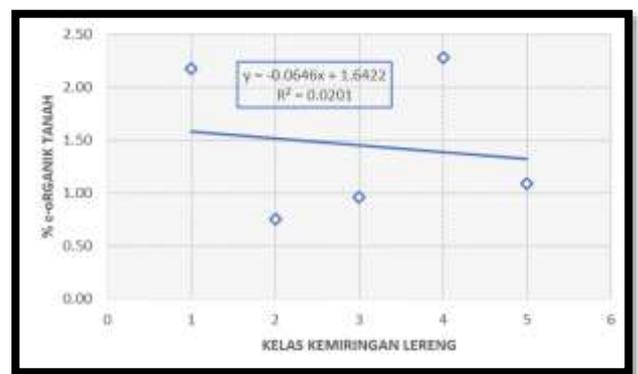
sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa kadar C-organik tanah memiliki pengaruh besar terhadap pertumbuhan jenis tanaman (Liu, et.al., 2012).

Tabel 3. Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Kelas Morfologi Berbeda

No.	Kedalaman Tanah	Kelas Lereng	Rerata			
			% Pasir	% Debu	% Lempung	% C-Organik
1		2-4%	45.45	33.05	21.50	2.17
2		4-8%	68.58	5.32	29.20	0.75
3	0-30 cm	8-16%	63.48	10.79	25.73	0.96
4		16-35%	37.27	28.19	34.55	2.28
5		35-55%	47.68	25.83	26.48	1.09

Sumber : Analisis Laboratorium, 2023

Hubungan negatif pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar C-organik akan berkurang seiring peningkatan kemiringan lereng. Namun demikian, dengan nilai R yang sangat lemah yaitu 0,1417 menggambarkan bahwa hubungan kedua parameter tersebut tidak terlalu signifikan yang berarti bahwa ada faktor X di luar kedua parameter tersebut yang dapat mempengaruhi misalnya pola pengelolaan dan penggunaan lahan setempat. Kadar C-organik tinggi di morfologi dataran yaitu 2-4% karena penggunaan lahan sawah lebak yang dominan di wilayah tersebut. Lahan sawah lebak kaya akan tekstur tanah lempung yang mampu menyerap C-organik dengan baik. Meskipun tanah di sawah lebak masih ada sedikit prosentase fraksi kasar, tetapi oksidasi di dalam tanah akan terhambat oleh genangan air rawa, sehingga kadar C-organik lebih bertahan lama di kawasan ini.

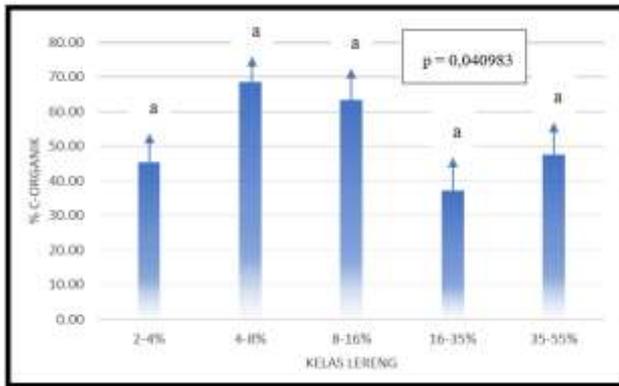


Gambar 3. Korelasi Regresi % C-Organik Tanah dan Kemiringan Lereng

Topografi sendiri merupakan faktor yang sifatnya komprehensif dan mempunyai pengaruh terhadap stabilitas C-organik dalam tanah (Jiang, et.al., 2021). Hasil analisis statistik ANOVA yaitu 0,040983 (p kurang dari 0,05) menggambarkan setiap perubahan kemiringan lereng terdapat perubahan kadar C-organik tanah dengan beda nyata yang signifikan. Topografi atau relief permukaan lahan mempengaruhi besar kecil laju transportasi dan erosi tanah, dimana semakin terjal relief maka semakin tinggi

tingkat erosi tanah. Begitupula sebaliknya, semakin datar permukaan lahan, maka deposisi atau pengendapan material erosi akan semakin tinggi. Namun demikian,

Yang, et.al (2020) menjelaskan dalam penelitiannya bahwa stabilitas C-organik selain dipengaruhi oleh topografi juga tergantung pada kondisi mikro lingkungan tanah atau *soil microenvironment*. Organisme yang hidup di atas tanah seperti jenis vegetasi merupakan salah satu penyumbang kadar C-organik. Tentu hal ini sejalan dengan kajian penelitian ini karena pertambangan di kawasan SubDAS Binuang semakin meluas dan banyak ditemukan di kelas kemiringan 16-35%.



Gambar 4. Perubahan kadar C-organik pada setiap kelas kemiringan lereng

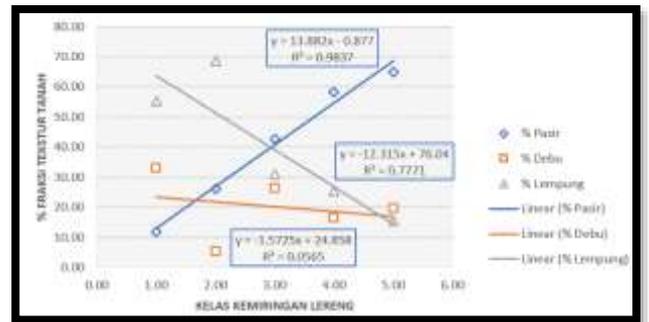
Hubungan Antara Tekstur Tanah dan Kemiringan Lereng

Aspek morfologi mencakup dua unsur utama yaitu secara kuantitatif (morfometri) dan secara kualitatif (morfografi). Beberapa aspek khusus dari morfologi terkait dengan aspek kuantitatif antara lain adalah ketinggian (*elevation*), kemiringan lereng (*slope*), aspek atau arah hadap lereng (*aspect*), dan kurvatur (*curvature*). Namun, pada penelitian ini, aspek morfologi yang dikaji hanyalah kemiringan lereng. Hal ini didasarkan atas hasil penelitian terdahulu yang menyajikan bahwa selain kemiringan lereng, tidak memiliki hubungan signifikan terhadap sifat fisik dan kimia tanah (Florinsky, et.al., 2002).

Berdasarkan hasil analisis korelasi regresi antara kemiringan lereng dan tekstur tanah terdapat hubungan yang berbeda di 3 jenis fraksi tanah (Gambar 5). Fraksi debu dan lempung memiliki hubungan negatif terhadap kemiringan lereng yang artinya bahwa peningkatan komposisi fraksi debu dan lempung selaras dengan lereng yang semakin datar. Berbeda dengan fraksi pasir yang berbanding lurus dengan peningkatan kemiringan lereng.

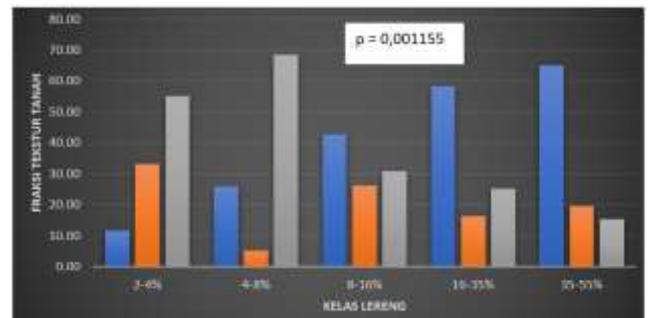
Gambar 5 menunjukkan bahwa fraksi pasir memiliki hubungan keceratan paling besar hingga 99% dan fraksi lempung memiliki keceratan 88%, dibandingkan debu yang hanya 23,7%. Kondisi ini secara nyata bahwa fraksi pasir berdimensi cukup besar untuk dapat diangkut dan dideposisi di lahan datar. Dengan kata lain, fraksi lempung dan debu lebih mudah dierosi, diangkut, dan diendapkan di dataran rendah, sehingga proporsinya lebih banyak ditemukan di wilayah ini. Hasil penelitian ini sejalan dengan Ezeaku and Eze (2014) yang menjelaskan bahwa

fraksi lempung bertambah seiring dengan penurunan kemiringan lereng. Demikian pula hasil penelitian Khan, et.al (2013) menemukan bahwa partikel halus yang banyak ditemukan di wilayah dataran adalah hasil erosi masa lalu yang berasal dari dataran tinggi di atasnya.



Gambar 5. Korelasi Regresi Tiga Fraksi Tekstur Tanah dan Kemiringan Lereng

Kondisi fisiografis SubDAS Binuang secara umum didominasi oleh bentuklahan denudasional dan fluvial. Pada bagian perbukitan dan pegunungan di hulu SubDAS Binuang ditemukan beberapa titik lokasi pertambangan dan ini diindikasikan oleh banyaknya lahan terbuka akibat pembukaan lahan. Kondisi demikian mempengaruhi laju penghancuran tanah oleh air hujan karena tutupan lahan yang semakin rendah. Akibatnya, semakin terjal kemiringan lereng, fraksi pasir mendominasi yang ditandai oleh nilai $p < 0,05$ yang berarti bahwa hubungan tersebut signifikan (Gambar 6).



Gambar 6. Hasil Analisis ANOVA Kemiringan Lereng dan Tekstur Tanah

5. Kesimpulan

Pendekatan geomorfologi pada penelitian ini memberikan gambaran hasil analisis bahwa ada hubungan antara karakteristik fisika-kimia tanah yaitu kadar C-organik dan tekstur tanah terhadap kemiringan lereng. Selain melalui analisis statistik, analisis proses geomorfologi seperti erosi dan sedimentasi dapat menjelaskan hubungan keterkaitan antara kemiringan lereng dan sifat fisik kimia tanah di SubDAS Binuang.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Aman Nurrahman Kahfi, S.TP., M.Sc. selaku Widyaiswara di

Balai Besar Pelatihan Pertanian Binuang, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan yang telah memberikan dukungan dan bantuan tenaga dan waktunya dalam penyelesaian survei lapangan serta pengambilan sampel tanah, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Asdak, C. (2002). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Cetakan Ketiga
- Augustin, C. and Larry, J.C., (2017). Relationships Between Soil Carbon Soil Texture in The Northern Great Plains. *Soil. Sci. 2016; 181: 386-392*
- Badan Pusat Statistik. (2010). Kabupaten Tapin dalam Angka. <https://tapinkab.bps.go.id/publication/2011/10/18/81b6e5c5beb01d3e4e9d16df/kabupaten-tapin-dalam-angka-2010.html>, diakses tanggal 13 Juli 2023
- Badan Pusat Statistik. (2021). Binuang dalam Angka. <https://tapinkab.bps.go.id/publication/2021/09/24/dde9ab6be5e11db6d63319b0/kecamatan-binuang-dalam-angka-2021.html>, diakses tanggal 13 Juli 2023
- ESDM. (27 Juli 2021). Cadangan Batubara Masih 38,84 Miliar Ton, Teknologi Bersih Pengelolaannya Terus Didorong URL <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/cadangan-batubara-masih-3884-miliar-ton-teknologi-bersih-pengelolaannya-terus-didorong>
- Ezeaku, P. I., & Eze, F. U. (2014). Effect of land use in relation to slope position on soil properties in a semi-humid Nsukka area, Southeastern Nigeria. *Journal Agricultural Research*, 52(3), 369–381. Retrieved from http://apply.jar.punjab.gov.pk/upload/1414248924_114_7_106F_Composed.Pdf
- Florinsky IV, Eilers RG, Manning GR, et al. (2002) Prediction of soil properties by digital terrain modeling. *Environmental Modeling and Software* 17: 295-311.
- Jiang Y, Yang H, Yang Q, Liu W, Li Z, Mao W, Wang X, Tan Z. 2021. The stability of soil organic carbon across topographies in a tropical rainforest. *PeerJ* 9:e12057 <http://doi.org/10.7717/peerj.12057>
- Khan, F., Hayat, Z., Ahmad, W., Ramzan, M., Shah, Z., Sharif, M., ... Hanif, M. (2013). Effect of slope position on physico-chemical properties of eroded soil. *Soil and Environment*, 32(1), 22–28. Retrieved from <http://www.se.org.pk/FileDownload.aspx?publishedid=231>
- Konen, M.E., C.L. Burras, and J.A. Sandor. (2003). Organic Carbon, Texture and Quantitative Color Measurement Relationships for Cultivated Soils in North Central Iowa. *Soil Sci.Soc.Am. J. 67:1823-1830*
- Liu, X. P. et al. (2012). Changes in vegetation-environment relationships over long-term natural restoration process in Middle Taihang Mountain of North China. *Ecol. Eng.* 49, 193–200
- Qin, X., Jie, L., Yuejun, S., and Kaitao, L. (2019). Research Progress on The Relationship between The evolution of Micro-geomorphology and Erosion and Sediment Yield of Colluvial Deposits of Benggang. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 371 (2019) 032049
- Tangketasik, A., Ni Made W., Ni Nengah S., dan I Wayan N., (2012). Kadar C- Organik Tanah pada Tanah Sawah dan Tegalan di Bali serta Hubungannya dengan Tekstur Tanah. *AGROTROP*, 2(2): 101-107
- Schaetzl, R., and S. Anderson. (2005). *Soils Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, New York, NY, pp17-18
- Yang J, Li A, Yang Y, Li G, Zhang F. 2020. Soil organic carbon stability under natural and anthropogenic-induced perturbations. *Earth-Science Reviews* 205:103199 DOI 10.1016/j.earscirev.2020.103199