



Pengaruh densitas dan saturasi air tanah terhadap kestabilan lereng tambang terbuka

NURAIDAH¹, SITI SAILAH^{1,2*}, DAN MUHAMMAD IRFAN^{1,2}

¹Program Studi S2 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam, Universitas Sriwijaya; ²Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

<p>Kata kunci: kepadatan, stabilitas, saturasi air, probabilitas</p>	<p>ABSTRAK: Kekuatan lereng pada tambang terbuka dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain sudut kemiringan lereng, kekuatan material pada lereng, dan keberadaan air. Keberadaan airtanah terutama berupa tekanan air pori sangat mempengaruhi kekuatan lereng karena dapat menyebabkan perubahan kuat geser dan berkontribusi terhadap terjadinya tanah longsor. Sedangkan kekuatan material pada lereng dapat dipengaruhi oleh kepadatan material itu sendiri. Batuan padat cenderung kuat, namun kekuatan batuan sangat bervariasi, dan jumlah air yang dikandung material merupakan faktor terpenting yang mengendalikan kekuatannya yang akan berdampak pada kestabilan suatu lereng. Dengan menggunakan software SPSS 25, dilakukan analisis probabilitas untuk mengetahui hubungan saturasi dan kepadatan air terhadap parameter stabilitas lereng tambang terbuka. Pada penelitian ini membahas pengaruh saturasi dan kepadatan air terhadap kekuatan lereng tambang terbuka di lokasi lereng Tambang Air Laya PT. Bukit Asam, Tbk sebagai lokasi penelitian. Dari pembahasan yang diperoleh terdapat korelasi linier yang erat antara sifat fisik tanah, saturasi air dan kepadatan terhadap parameter kekuatan lereng, kohesi dan sudut gesek.</p>
<p>Keywords: density, Stability, water saturation, probability</p>	<p>ABSTRACT: The strength of a slope in an open mine is influenced by various factors, including the angle of the slope, the strength of the material on the slope, and the presence of water. The presence of groundwater, especially in the form of pore water pressure, greatly influences slope strength because it can cause changes in shear strength and contribute to the occurrence of landslides. Meanwhile, the strength of the material on the slope can be influenced by the density of the material itself. Solid rock tends to be strong, but the strength of rock varies greatly, and the amount of water the material contains is the most important factor controlling its strength which will impact the stability of a slope. Using SPSS 25 software, probability analysis was carried out to determine the relationship between water saturation and density on the stability parameters of open pit mine slopes. In this research, we discuss the influence of water saturation and density on the strength of open-pit mine slopes at the location of the Air Laya Mine slope, PT. Bukit Asam, Tbk as a research location. From the discussion obtained, there is a close linear correlation between the physical properties of the soil, water saturation and density on the parameters of slope strength, cohesion and friction angle.</p>

1 PENDAHULUAN

Stabilitas lereng sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah. Distribusi ukuran partikel, batas Atterberg, dan kekuatan geser merupakan contoh karakteristik fisik tanah yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan sifat permasalahan material lereng yang berkaitan dengan stabilitas lereng. Saat pemeriksaan tanah, bagaimana tanah tersebut

mengembang dalam variasi konsentrasi kelembaban (kandungan air) dan tanah lempung.

Peningkatan muka air tanah akan meningkatkan tekanan air pori dan mengurangi tegangan efektif dalam tanah, sehingga menyebabkan penurunan kekuatan geser [1] dan akibatnya menurunkan stabilitas lereng. Penurunan kekuatan geser ini dapat mengakibatkan peningkatan risiko keruntuhan lereng dan tanah longsor.

* **Corresponding Author:** email: siti.sailah@unsri.ac.id

<https://doi.org/10.56064/jps.v26i2.930>

Naskah diusulkan: 4 Januari 2024; Naskah disetujui: 4 Juli 2024
p-ISSN: 1410-7058 e-ISSN: 2597-7059 © 2024 JPS MIPA UNSRI

Kepadatan tanah merupakan sifat dasar yang mempengaruhi stabilitasnya. Tanah yang lebih ringan memiliki kepadatan yang lebih rendah, sedangkan tanah yang berat memiliki kepadatan yang lebih tinggi.

Kepadatan tanah yang relatif rendah dapat menyebabkan deformasi volumetrik yang menunjukkan perilaku kontraksi geser selama proses geser. Kekuatan geser tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kepadatan partikelnya. Ketika tanah berkontraksi, kekuatan gesernya meningkat, dan pada akhirnya mencapai tingkat yang konstan. Sebaliknya, jika tanah mengembang tingkat kejenuhan air bertambah maka kepadatannya menurun sehingga menyebabkan penurunan kekuatan geser tanah [2].

Tanah kohesif mempunyai kandungan air (moisture) yang lebih tinggi dan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah non-kohesif. Karena air tanah mempengaruhi kekuatan geser tanah, maka hal ini dapat mempunyai dampak yang besar terhadap stabilitas lereng. Adanya hubungan antara parameter kekuatan campuran tanah-batuan dengan proporsi kepadatan material (*weight of blok proportion*) yaitu sudut geser dalam akan meningkat mencapai 70 % WBP, sedangkan kohesi akan menurun berkisar 63, 92% - 69,65% terhadap WBP [3].

Sudut gesekan internal berkurang dengan meningkatnya kelembaban (moisture) air. Kohesi meningkat dengan meningkatnya kandungan air hingga mencapai nilai maksimum pada kandungan air optimum. Jika tidak, kohesi akan berkurang dengan bertambahnya kadar air hingga mencapai nilai minimum [4].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi parameter kuat geser tanah dengan sifat fisik saturasi air tanah dan densitas (kepadatan material tanah).

2 METODE

Dalam penelitian ini, data didasarkan pada pemeriksaan tanah di laboratorium Mekanika Tanah tambang Air Laya PT. Bukit asam, Tbk terhadap sifat-sifat fisik tanah dan parameter tanah yang digunakan dalam penelitian ini. Kandungan air diperoleh dari pemeriksaan tanah dengan metode pengeringan tanah (menggunakan oven) sedangkan densitas (kepadatan) didapatkan dari hasil test cincin volumetrik .

Sampel ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat awalnya. Kemudian dikeringkan

selama 24 jam pada suhu sekitar 90°C dalam oven dan ditimbang untuk mengetahui berat keringnya. Terakhir sampel direndam dalam air selama 24 jam dan ditimbang untuk mendapatkan berat jenuhnya. Selanjutnya parameter sifat fisik tanah kadar air dan densitas didapatkan dengan menggunakan hasil berat sampel. Untuk kekuatan geser tanah yang meliputi sudut geser dalam dan kohesif didapatkan melalui Uji Geser Langsung atau Uji Stress Triaksial di laboratorium. Sedangkan untuk pengolahan data menggunakan *software* SPSS 25 dan MS Excel 2001.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari enam titik lubang bor yang diambil di lokasi penelitian lereng barat Tambang Airlaya Bukit Asam, ada 126 sampel tanah diambil (gambar 1), untuk di gunakan sebagai bahan penelitian mengetahui pengaruh tingkat kejenuhan air dan densitas terhadap kekuatan lereng tambang terbuka.

Dari gambar 1 ditunjukkan bahwa secara regional lokasi penelitian berbatasan dengan sebelah utara dengan kabupaten Muaraenim, sebelah timur berbatasan dengan tambang Banko barat dan sungai Enim, sebelah barat berbatasan dengan kecamatan Merapi, kabupaten Lahat, sedangkan sebelah selatan berbatasan dengan dengan kecamatan lawang kidul. Ada tiga bentuk formasi yang terdapat di lokasi penelitian, yaitu; formasi Air Benakat merupakan perselingan batu lempung dengan batu lanau dan serpih, bersisipan batu lempung gampingan yang padat dan lanau kuarsa. Formasi yang kedua, formasi Muaraenim merupakan lapisan batu lanau, batu lempung , batubara dan batupasir (lapisan bawah) serta lapisan batupasir tufa, batu lanau tufa, batubara dan batulempung tufa (lapisan atas). Formasi ketiga yaitu formasi Kasai merupakan terendapkan diatas formasi Muraenim, yang tersusun atas batuan pasir tufa, batu lempung dan sisipan batubara tipis.

Sampel diambil dari mulai kedalaman 7m sampai 12m dari permukaan bumi setelah dilakukan pengupasan tanah permukaan. Batulempung mendominasi lapisan tanah pada kedalaman 7m hingga mencapai kedalaman lebih dari 100m dengan beberapa sampel adalah lapisan batuan lumpur dengan kandungan mineral lempung yang rendah.

Batupasir terdapat pada sampel dengan kedalaman 120 m hingga 160 m dari permukaan tanah , beberapa sampel juga merupakan lapisan batulempung pada kedalaman ini. Pada Tabel 1 menunjukkan data fisik dan mekanik dari parameter tanah .

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan linearitas antara sifat fisik saturasi air terhadap parameter kohesi tanah dengan memberikan persamaan regresi, yaitu:

$$Sr = 93,65 - 0,02.c \quad (1)$$

Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan linearitas antara sifat fisik saturasi air terhadap parameter sudut geser tanah dengan memberikan persamaan regresi, yaitu:

$$Sr = 94,83 - 0,18.\varphi \quad (2)$$

Gambar 2 dan 3 menjelaskan hubungan yang erat antara kejenuhan air (moisture) terhadap parameter nilai kohesi dan sudut geser, dimana hubungan ini bernilai negatif. Hubungan negatif menyatakan bahwa seiring meningkatnya saturasi air/kandungan air pada lereng mengakibatkan penurunan nilai kohesi tanah dan sudut geser dan secara signifikan menyebabkan perubahan kestabilan lereng itu sendiri. Dengan nilai signifikansi kurang dari 0,05 menunjukkan adanya korelasi antara nilai kohesi dan sudut geser terhadap saturasi [5].

Dari gambar 2 dan 3 juga menunjukkan ketergantungan sifat kekuatan lempung liat terhadap kejenuhan air dimana pada penurunan kohesi dan sudut gesekan internal yang secara signifikan seiring dengan peningkatan tingkat kejenuhan air/saturasi [6].

Ditemukan hubungan antara kelembaban material tanah/kadar air dengan sudut geser dalam dan nilai kohesi. Temuan menunjukkan bahwa menaikkan kadar air akan mengurangi sudut gesekan. Peningkatan kandungan air menyebabkan kohesi meningkat hingga mencapai nilai maksimum pada kadar air optimum [4]. Dari hasil pembahasan ini, penurunan kekuatan lereng tambang dapat dipengaruhi oleh naiknya tingkat saturasi air tanah lereng tambang.

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan linearitas antara sifat fisik berupa densitas terhadap parameter kohesi tanah dengan persamaan regresi, yaitu:

$$\gamma = 202 + 15,85.c \quad (3)$$

Adanya nilai signifikansi kurang dari 0,05 pada gambar 3 menunjukkan adanya korelasi antara densitas dan kohesi [5]. Hubungan regresi antara densitas dan kohesi merupakan korelasi positif menampilkan kenaikan nilai kohesi diikuti dengan bertambah nilai densitas tanah. Nilai kohesivitas tanah yang mengembang berbanding terbalik seiring dengan kenaikan kandungan air dan kepadatan kering material tanah. Peningkatan

kepadatan kering tanah menyebabkan sudut gesekan internal akan meningkat, namun peningkatan kandungan air menyebabkan terjadi penurunan ketahanan material tanah itu sendiri [7].

Kepadatan material jenuh mempengaruhi kekuatan dan kompresibilitasnya tergantung dari kelembaban tanah. Meskipun, kekuatan tanah bertambah saat kepadatan tanah ditingkatkan tetapi terjadi kekuatan geser tanah yang optimal sebelum pemadatan optimal terjadi. Dan pengaruh dari kelembaban air dalam mengurani kekuatan geser lebih besar daripada pengaruh peningkatan densitas [8].

Kohesi meningkat seiring dengan meningkatnya derajat kejenuhan karena meningkatnya serapan antara lapisan tanah dan partikel. Ketika tingkat kejenuhan melampaui 40%, ketebalan mukosa antar partikel tanah meningkat, menyebabkan penurunan tegangan efektif dan kecenderungan penurunan kohesivitas. Selain itu, jarak antar partikel tanah menyusut, serapan menguat, dan kohesivitas menguat seiring dengan meningkatnya kepadatan kering [9].

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa adanya ketergantungan (korelasi) sifat fisik tanah densitas dan saturasi air tanah terhadap parameter stabilitas lereng tambang terbuka yaitu, kohesi dan sudut geser. Hubungan saturasi air terhadap kohesi dan sudut geser merupakan hubungan linearitas negatif, dimana kenaikan saturasi air menyebabkan penurunan nilai kohesi dan sudut geser tanah. Sedangkan hubungan densitas terhadap nilai kohesi merupakan hubungan linearitas positif, dimana kenaikan densitas menyebabkan nilai kohesi tanah akan meningkat.

REFERENSI

- [1] Giandara, E.; Agustina, D.H. "Pengaruh Kadar air terhadap Kuat geser tanah" 2018
- [2] Hou Zhen, W.; ChangFu, W.; QingShan, M.; WenJie, X. "Influence of water content and shear rate on the mechanical behavior of soil-rock mixtures" 2018
- [3] Gao, W.; Hu, R.; Oyediran, I. A.; Li, Z.; Zhang, X. "Geomechanical characterization of Zhangmu soil-rock mixture deposit," *Geotechnical and Geological Engineering* 2014
- [4] Hadeer, H.A.; Bakr, M.A.; Eldin, M.S. "Influence of Water Content on The Shear Strength Parameter for Cohesive Soil" 2023
- [5] Rozali, A. "Regresi Linier Sederhana Pengaruh Variabel Bebas terhadap Variabel Terikat" <https://youtu.be/nwLNKAtRD8Y> (diakses 10 Mei 2022)

[6] Brakorenko,N.; Leonova,A.; Nikitenkov. “Effect of soil water saturation on slope stability: Tomsk case study” 2019 *E3S Web of Conferences* 98, 05005

[7] Gupta,P.; Raghuwanshi,A.K.; Bhargava,S.“ Effect of Density and moisture on the Slope Stability of Highway Embankment “ 2016 *International Journal of Engineering Sciences and Research Technology*

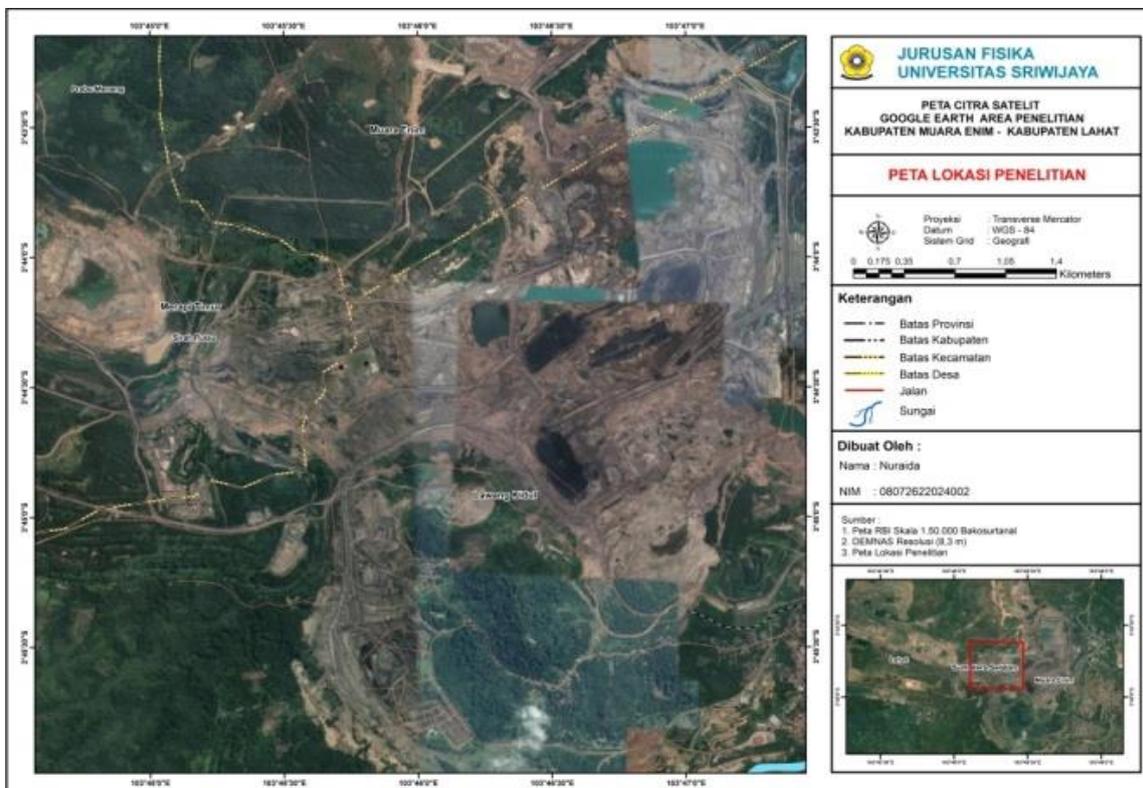
[8] Garcia, A. J. H.; Jaime,Y.N.M.; Contreras, A. M. Z.; Bastardo, L.D.S.; Llovera, F. A. S. “*Savanna soil water content effect on its shear strength- compaction relationship*” 2012

[9] Tian,W.; Peiffer,H.; Malengier,B.; Liu,G.; Cheng,L. “*Modified Equation of Shear Strength with Respect to Saturation*”,2023

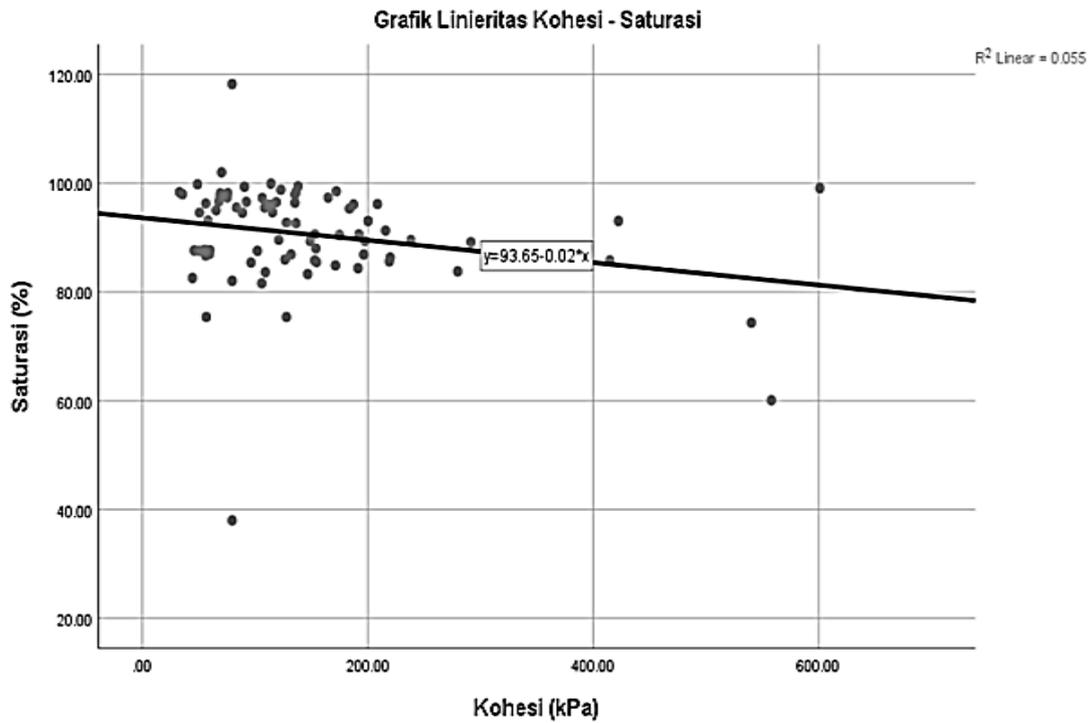
LAMPIRAN

Tabel 1. Data fisik dan mekanik dari parameter tanah

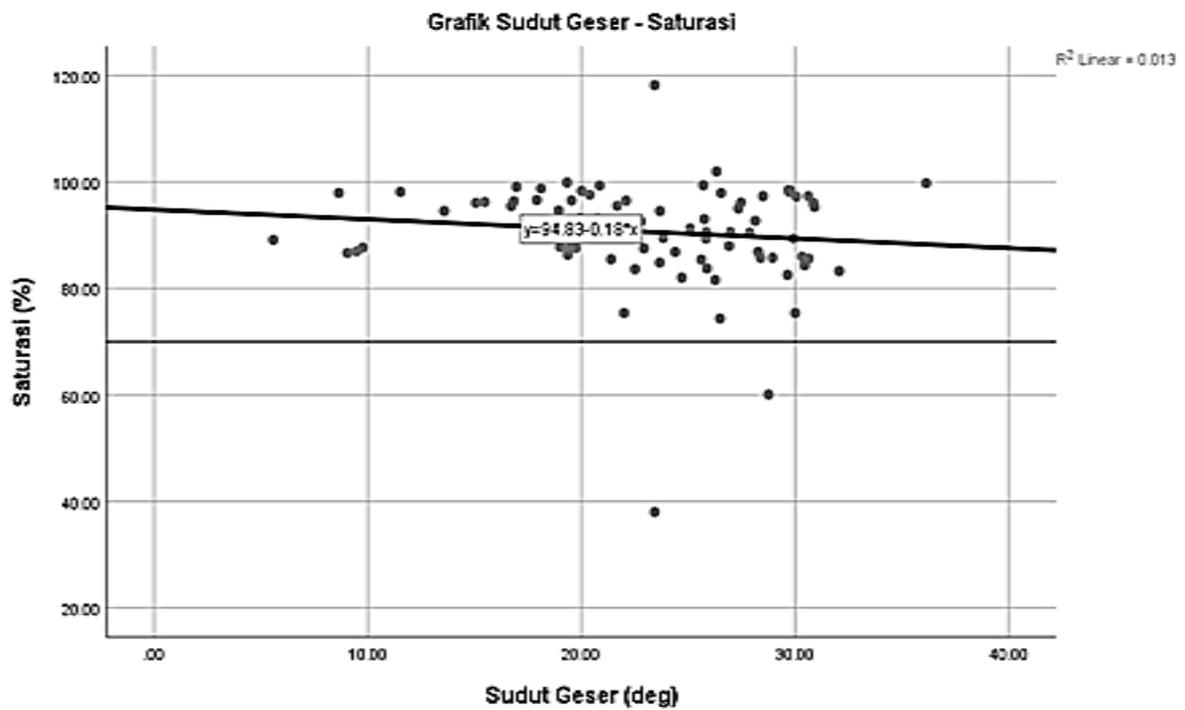
Parameter Statistik	γ_w (kN/m ³)	γ_D (kN/m ³)	e, (unit fraction)	W (%)	n (%)	Sr (%)	G _s , (unit fraction)	ϕ (deg)	C (kPa)	E (MPa)
CLAYSTONE										
Min	17,83	13,127	0,411	13,69	29,15	85,79	2,67	19,94	58,17	0,21
Max	21,75	19,127	1,062	35,84	51,50	93,15	2,80	28,94	196,33	296,97
Avg	20,48	17,32	0,580	19,00	35,77	89,73	2,75	25,53	150,70	135,16
SANDSTONE										
Min	20,10	17,225	0,254	9,11	20,24	85,79	2,67	28,39	48,95	300,26
Max	23,73	21,745	0,520	16,71	34,21	99,81	2,78	36,14	414,77	1115,88
Avg	21,92	18,380	0,470	12,91	27,22	92,80	2,74	32,27	231,86	708,07



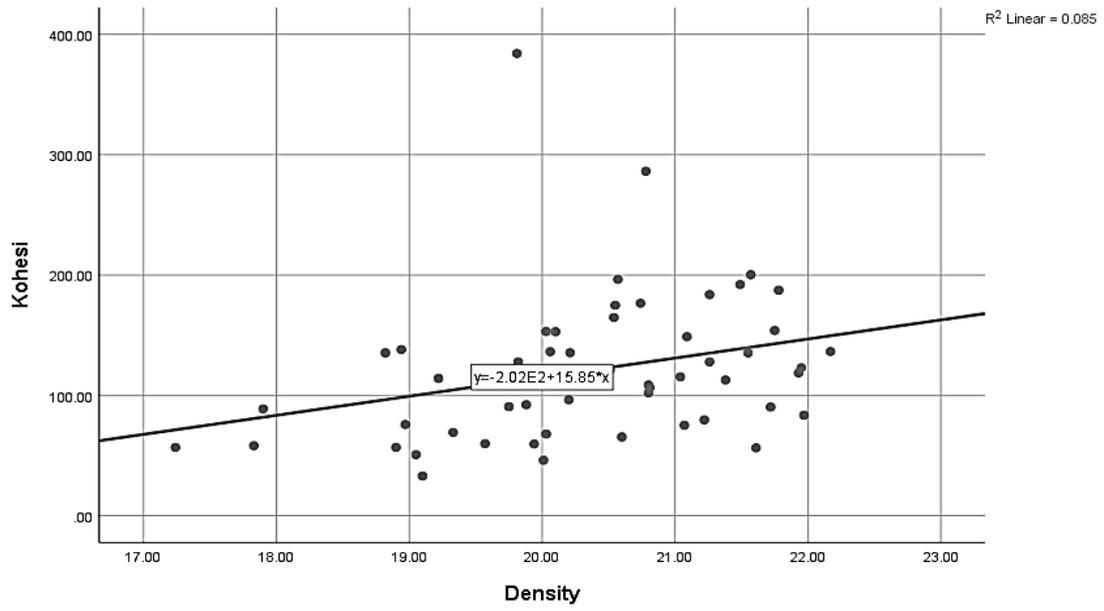
Gambar 1. Peta lokasi penelitian Tambang Air Laya (TAL) PT.Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan



Gambar 2. Regresi linearitas korelasi kohesi terhadap saturasi



Gambar 3. Regresi linearitas korelasi sudut geser terhadap saturasi



Gambar 4. Regresi linearitas korelasi kohesi terhadap densitas