EnviroScienteae Vol. 12 No. 3, Nopember 2016
Halaman 292-301

p-ISSN 1978-8096
e-ISSN 2302-3708

IDENTIFIKASI VISUAL BATUAN PAF DAN NAF STUDI KASUS DI PT ARUTMIN INDONESIA ASAM ASAM

Visual Identification of Rocks PAF and NAF Case Study in PT Arutmin Indonesia Asam-Asam

Wahyu Gilang Nugraha[1)], Yudi Firmanul Arifin[2)], Idiannor Mahyudin[3)], Wahyuni Ilham[2)]

[1)] Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat
e-mail : wgilangnugraha@yahoo.com
[2)] Fakultas Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat
[3)] Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat

Abstract

The research location is in Asam-Asam PT Arutmin Indonesia, located in District Jorong, Tanah Laut, Kalimantan Selatan. This study aims to determine the relationship of visual rock with PAF and NAF rock properties based on the distribution pattern, volume, and utilization. Visual identification that shows the strong correlation of PAF on the grain size of silt, color dark gray lithology, and lithologic silt. a strong correlation was also found on NAF rock with a grain size of clay, fine sand, very fine sand. In the color white rock medium, medium gray, light gray. obtained a volume of PAF: 208 309 329 BCM, NAF = 200 764 182 BCM volume, so the volume of NAF to be taken can coat 3,5 meters disposal.

Keywords: colour, grain size, litologi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada penambangan batubara sangat berpotensi terbentuknya Air asam tambang (AAT) atau Acid Mine Drainage (AMD) adalah air yang bersifat asam sebagai hasil dari oksidasi mineral sulfida yang terpajan atau terdedah di udara dengan kehadiran air. Air asam tambang ini memiliki tingkat keasaman dengan pH dibawah ambang batas baku mutu. Air asam tambang merupakan salah satu dampak lingkungan pada kegiatan pertambangan batubara. Oleh karena itu diperlukan penanganan khusus untuk mencegah terjadinya air asam tambang, salah satunya adalah mengidentifikasi batuan yang dapat menimbulkan terbentuknya air asam tambang. Batuan tersebut diklasifikasikan menjadi dua, yaitu batuan PAF dan batuan NAF. Pembentukan AAT apabila terjadi akan sulit untuk dihentikan, merupakan suatu proses yang berlanjut hingga reaktannya habis, pada saat operasioanal penambangan dilakukan pengelolaan yang baik saat ini belum tentu bisa dipastikan untuk jangka panjang dengan baku mutu yang lebih ketat. Dalam banyak kasus, karakterisasi geokimia prediksi kualitas air penyaliran serta pengelolaan waste (rock) yang baik dapat mencegah atau meminimalkan terjadinya AAT. Namun harus disadari bahwa pencegahan AAT harus dimulai sejak eksplorasi dan berlanjut sampai pasca tambang (Sayoga, 2011). Menjadi sangat penting tentang pemahaman risiko (lingkungan, teknis dan finansial) yang dapat ditimbulkan oleh AAT bagi suatu tambang.

Batuan PAF (Potentially Acid Forming) adalah batuan yang berpotensi untuk menghasilkan asam. Sedangkan

batuan NAF (Non Acid Forming) adalah batuan yang tidak berpotensi untuk menghasilkan asam. Dalam menentukan sifat batuan PAF atau NAF, diperlukan sebuah perhitungan neraca asam dengan mencari parameter-parameter seperti MPA (Maximum Potential of Acidity), ANC (Acid Neutralizing Capacity), NAPP (Nett Acid Producing Potential), NPR (Net Potential Ratio), dan NAG (Net Acid Generating). Untuk memudahkan penentuan sifat PAF dan NAF dilapangan, maka diperlukan analisis untuk menghubungkan antara kondisi visual batuan dengan sifat batuan PAF atau NAF tersebut.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas sehingga dapat disusun rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana kemenerusan dan korelasi batuan PAF dan NAF pada area telitian?
2. Berapa presentase material batuan PAF dan NAF?
3. Bagaimana Karakter fisik batuan PAF & NAF?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari korelasi antara kondisi visual batuan dengan sifat PAF dan NAF.
2. Mengetahui sebaran batuan PAF dan NAF.
3. Mengetahui Volume batuan PAF dan NAF yang bisa dimanfaatkan.

Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Untuk kelimuan adalah pemahaman pembentuk batuan PAF dan NAF.
2. Untuk perusahaan, hasil penelitian ini merupakan model deskriptif dan genetik yang dapat digunakan untuk desain pertambangan di dalam penentuan model eksploitasi lingkungan dan penambangan batubara.
3. Membantu masyarakat dalam pengelolaan lahan lingkar tambang.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian terdiri atas tiga tahapan, yaitu tahap akuisisi, analisa, dan sintesa. Dengan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

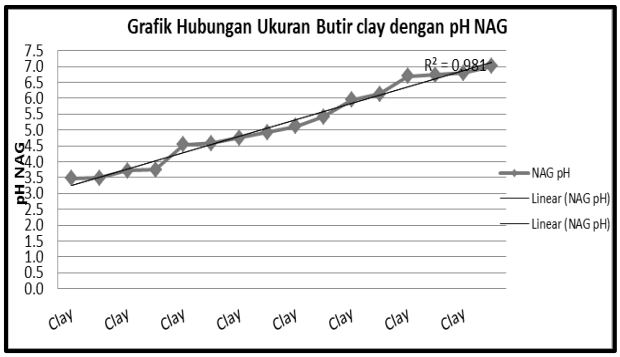
1. Tahap akusisi
   Merupakan tahapan perolehan data, yaitu perolehan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan perolehan langsung data di lapangan yang terdiri atas pengamatan batuan, pengambilan sampel, dan kedudukan struktur geologi, dimana unsur-unsur tersebut merupakan bagian dari proyeksi kondisi regional lokal daerah telitian. Adapun tahapan yang tidak kalah penting di dalam akuisisi data ialah studi pustaka yang mencakup studi regional daerah telitian, dasar teori, dan hal-hal mengenai batuan PAF dan NAF hongga kajian Air Asam Tambang.
2. Tahap analisa
   Tahap analisa merupakan tahapan menganalisa data dan membuat suatu model korelasi sesuai dengan model-model yang di dapat dari pengamatan, yaitu melakukan analisis batuan PAF dan NAF dari sampel batuan yang di ambil, melakukan korelasi stratigrafi batuan PAF dan NAF, mengamati warna visual batuan PAF dan NAF jenis batuan PAF dan NAF, karakter ukuran butir batuan PAF dan NAF, karakter batuan kontak langsung dengan lapisan batubara. Hal ini dilakukan untuk membuat model batuan PAF dan NAF daerah telitian.
3. Tahap sintesa
   Merupakan menjawab pertanyaan-pertanyaan pada rumusan masalah. Dari daerah telitian dibuat bagaimana

pemodelan geokimia daerah telitian. Berdasarkan karakteristik batuan PAF dan NAF di daerah telitian dibuatlah presentase material batuan PAF&NAF. Berdasarkan pengamatan lapangan di ketahui karakter fisik batuan yang mengandung PAF. Dari hal – hal di atas, maka dapat diketahui hubungan tersebut dengan ciri khusus konsisi visual batuan PAF dan NAF daerah telitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

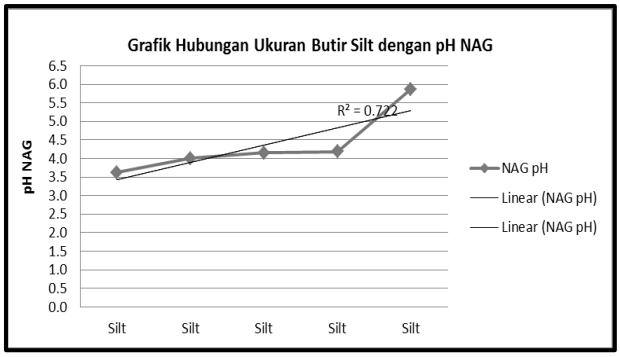
Ukuran butir adalah ukuran atau diameter butiran, yang merupakan unsur utama dari batuan sedimen klastik, yang dapat dilihat dengan kasat mata. Untuk mengetahui besar butirnya, yaitu dengan cara membandingkan butiran dengan Skala Wentworth Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual berupa ukuran butir dengan sifat batuan PAF dan NAF dapat ditemukan dengan menggunakan analisis korelasi. Analisis tersebut terdiri dari dua komponen data, antara lain data ukuran butir sebagai data interval/rasio dan data pH NAG sebagai parametar batuan tersebut PAF/NAF.

Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa ukuran butir clay dengan sifat batuan NAF dapat ditemukan dengan menggunakan membandingkan pH NAG dengan ukuran butir clay dimana di dapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,98 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk ukuran butir clay 7,0 sedangkankan pH NAG terendah 3,5. Diketahui beberapa data menunjukkan adanya ukuran butir clay yang mengandung potensi batuan PAF tetapi tidak terlalu signifikan. korelasi antara kondisi visual ukuran butir clay dominan menunjukkan hasil NAF yang lebih dominan.



Gambar 1. Grafik hubungan ukuran butir clay dengan pH NAG.

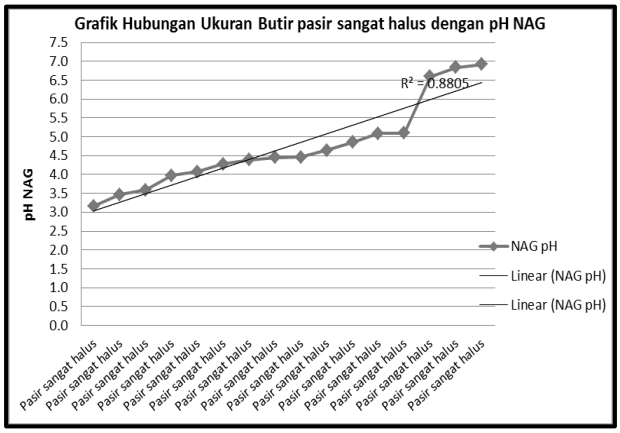
Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa ukuran butir lanau dengan sifat batuan PAF dapat ditemukan dengan menggunakan membandingkan pH NAG dengan ukuran butir lanau dimana di dapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,72 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk ukuran butir lanau 5,9 sedangkankan pH NAG terendah 3,6. Diketahui beberapa data menunjukkan adanya ukuran butir lanau yang mengandung potensi batuan NAF tetapi tidak terlalu signifikan. korelasi antara kondisi visual ukuran butir lanau dominan menunjukkan hasil PAF yang lebih dominan.



Gambar 2. Grafik hubungan ukuran butir lanau dengan pH NAG

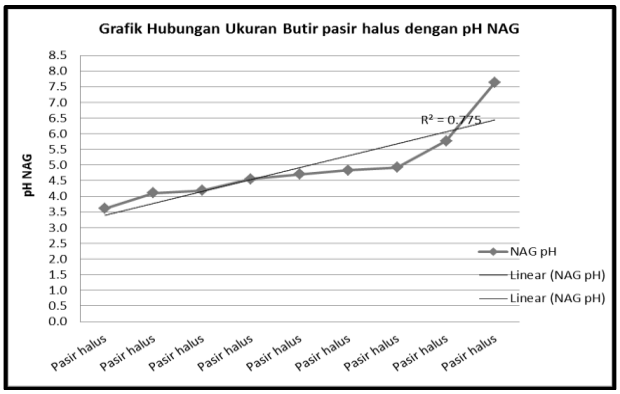
Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa ukuran butir pasir sangat halus dengan sifat batuan NAF dapat ditemukan dengan menggunakan membandingkan pH NAG dengan ukuran butir pasir sangat halus dimana di dapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,88 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk

ukuran butir pasir sangat halus 6,9 sedangkankan pH NAG terendah 3,2. Diketahui beberapa data menunjukkan adanya ukuran butir pasir sangat halus yang mengandung potensi batuan PAF yang cukup linear tetapi tidak menunjukkan dominasi batuan PAF. korelasi antara kondisi visual ukuran butir pasir sangat halus dominan menunjukkan hasil batuan NAF yang lebih dominan. Rata rata besi, magnesium, kalsium, sodium, dan potasium kurang banyak dalam ukuran butir pasir sangat halus pada daerah amatan dibandingkan kandungan alumunium. Sehingga ukuran butir pasir sangat halus menunjukkan potensi batuan NAF.



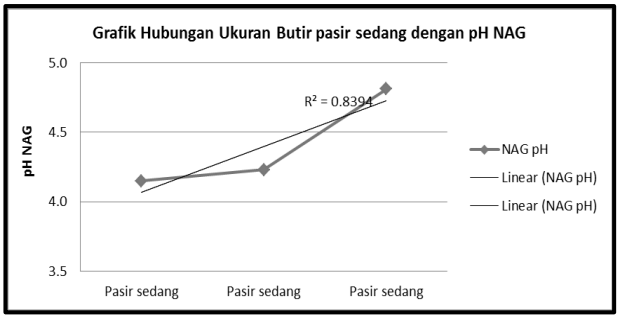
Gambar 3. Grafik hubungan ukuran butir pasir sangat halus dengan pH NAG

Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa ukuran butir pasir halus dengan sifat batuan NAF dapat ditemukan dengan menggunakan membandingkan pH NAG dengan ukuran butir pasir halus dimana di dapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,77 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk ukuran butir pasir halus 7,6 sedangkankan pH NAG terendah 3,6. Diketahui beberapa data menunjukkan adanya ukuran butir pasir halus yang mengandung potensi batuan PAF yang tidak dominan. korelasi antara kondisi visual ukuran butir pasir halus menunjukkan hasil batuanNAF yang lebih dominan. Diketahui beberapa data menunjukkan adanya ukuran butir pasir halus yang mengandung potensi batuan PAF yang cukup linear tetapi tidak menunjukkan dominasi batuan PAF. korelasi antara kondisi visual ukuran butir pasir halus dominan menunjukkan hasil batuan NAF yang lebih dominan. Rata rata besi, magnesium, kalsium, sodium, dan potasium kurang banyak dalam ukuran butir pasir halus pada daerah amatan dibandingkan kandungan alumunium. Sehingga ukuran butir pasir halus menunjukkan potensi batuan NAF.



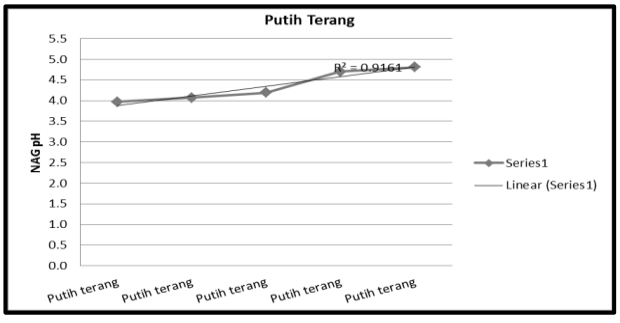
Gambar 4. Grafik hubungan ukuran butir pasir halus dengan pH NAG

Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa ukuran butir pasir sedang dengan sifat batuan PAF dapat ditemukan dengan menggunakan membandingkan pH NAG dengan ukuran butir pasir sedang dimana di dapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,83 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk ukuran butir pasir sedang 7,6 sedangkankan pH NAG terendah 4,2. Diketahui beberapa data menunjukkan adanya ukuran butir pasir sedang yang mengandung potensi batuan PAF yang dominan.akan tetapi ini tidak bisa dijadikan benchmark di karenakan jumlah data yang sedikit sehingga di butuhkan tambahan data analisis untuk ukuran butir pasir sedang.



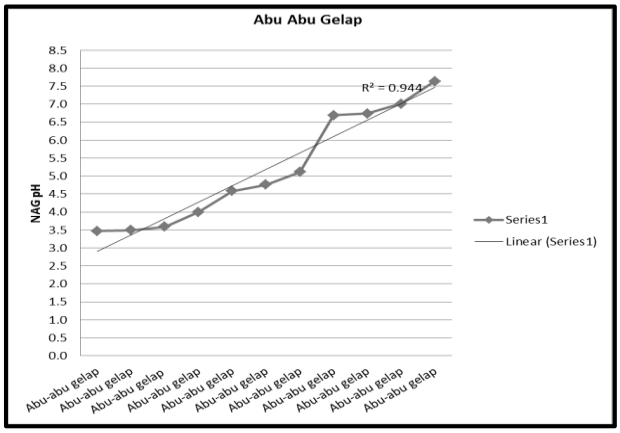
Gambar 5. Grafik hubungan ukuran butir pasir sedang dengan pH NAG

Warna pada batuan sedimen mempunyai arti yang penting karena mencerminkan komposisi butiran penyusun batuan sedimen dan dapat digunakan untuk menginterpretasikan lingkungan pengendapan. Warna batuan merah menunjukan lingkungan oksidasi,sedangkan warna batuan hitam atau gelap menunjukan lingkungan reduksi. Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa warna litologi putih sedang dengan sifat batuan NAF dengan membandingkan pH NAG dengan warna litologi putih sedang dimana didapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,84 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk ukuran warna litologi 6,6 sedangkankan pH NAG terendah 3,6. Dilihat dari data pada grafik menunjuk data litologi yang bewarna putih sedang dominan mengandung batuan NAF sehingga warna putih sedang bisa dijadikan sebagai acuan visual paramater menentukan batuan tersebut NAF.



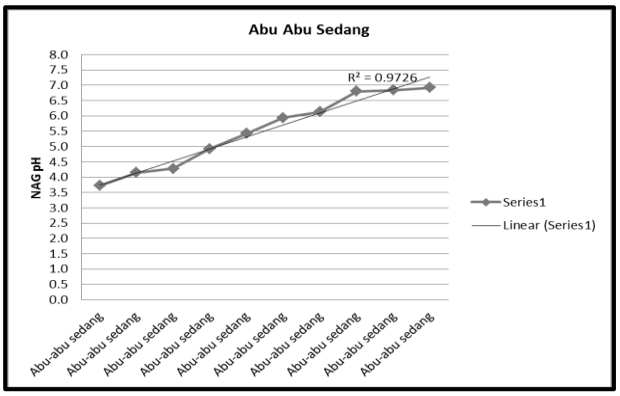
Gambar 6. Grafik hubungan warna putih terang dengan pH NAG

Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual warna litologi abu-abu gelap dengan sifat batuan PAF dapat ditemukan dengan menggunakan membandingkan pH NAG dengan warna litologi abu-abu gelap dimana di dapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,94 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk ukuran abu-abu gelap 7,6 sedangkankan pH NAG terendah 3,5.



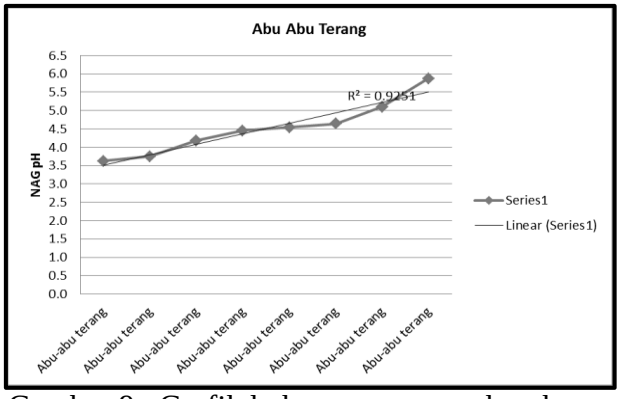
Gambar 7. Grafik hubungan warna abu-abu gelap dengan pH NAG

Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual warna litologi abu-abu sedang dengan sifat batuan NAF dapat ditemukan dengan menggunakan membandingkan pH NAG dengan warna litologi abu-abu sedang dimana di dapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,97 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk abu-abu sedang 6,9 sedangkankan pH NAG terendah 3,7. Dilihat dari data pada grafik menunjuk data litologi yang bewarna abu-abu sedang dominan mengandung batuan NAF sehingga warna abu-abu sedang bisa dijadikan sebagai acuan visual paramater menentukan batuan tersebut NAF.



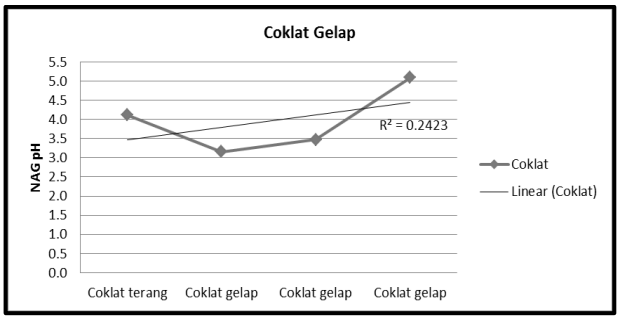
Gambar 8. Grafik hubungan warna abu-abu sedang dengan pH NAG

Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa warna litologi abu-abu terang dengan sifat batuan NAF dengan membandingkan pH NAG dengan warna abu-abu terang dimana didapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,92 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk ukuran warna litologi 5,9 sedangkankan pH NAG terendah 3,6. Dilihat dari data pada grafik menunjuk data litologi yang bewarna abu-abu terang dominan mengandung batuan NAF sehingga warna abu-abu terang bisa dijadikan sebagai acuan visual paramater menentukan batuan tersebut NAF.



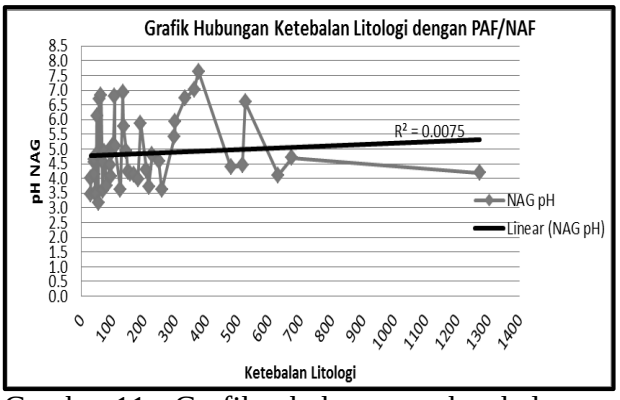
Gambar 9. Grafik hubungan warna abu-abu terang dengan pH NAG

Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa warna litologi coklat gelap dengan sifat batuan NAF dengan membandingkan pH NAG dengan warna coklat gelap dimana didapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,24 menunjukkan korelasi lemah dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk warna litologi coklat gelap 5,1 sedangkankan pH NAG terendah 3,2. Dilihat dari data pada grafik menunjuk data litologi yang bewarna coklat gelap tidak bisa dijadikan sebagai acuan visual paramater menentukan batuan tersebut PAF atau NAF dikarenakan korelasi yang lemah.



Gambar 10. Grafik hubungan warna coklat gelap dengan pH NAG

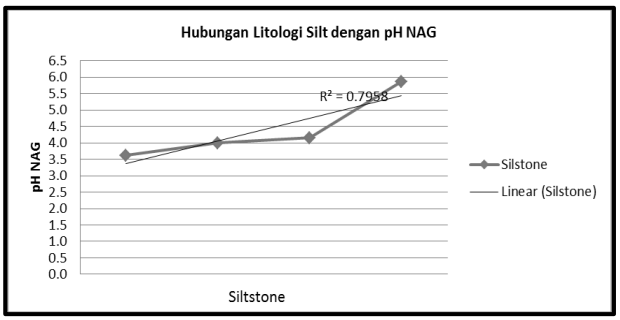
Ketebalan adalah jarak tegak lurus antara dua bidang sejajar yang merupakan lapisan batuan. Ketebalan lapisan ditentukan secara langsung, pengukuran secara langsung dilakukan dilapangan pada lapisan horisontal yang tersingkap pada lapisan vertikal dengan menggunakan meteran, ketebalan yang di ukur adalah true thickness. Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual berupa ketebalan litologi yang diamati dengan sifat batuan PAF/NAF dapat ditemukan dengan menggunakan analisis korelasi. Analisis tersebut terdiri dari dua komponen data, antara lain data ketebalan litologi sebagai data interval/rasio dan data pH NAG sebagai parametar batuan tersebut PAF/NAF.



Gambar 11. Grafik hubungan ketebalan lapisan batuan dengan pH NAG

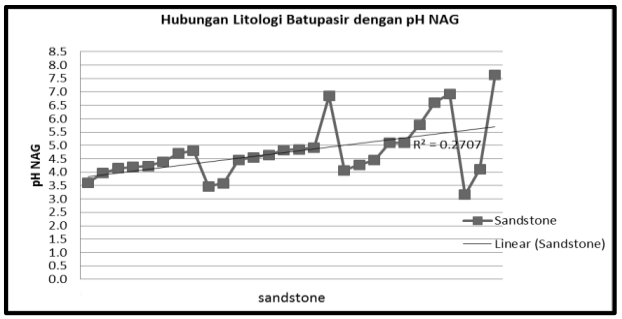
Litologi suatu batuan memberikan acuan tentang mineraloginya, tekstur, kemas yang mengarahkan kepada klasifikasi yang dapat diterima. Litologi merupakan deskripsi batuan pada singkapan berdasarkan karakteristiknya, seperti:

warna, komposisi mineral dan ukuran butir sinonim dengan Petrografi. Litologi adalah karakteristik fisik dari batuan. Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa litologi lanau dengan sifat batuan PAF dengan membandingkan pH NAG dengan litologi lanau dimana didapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,79 dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk litologi lanau 5,9 sedangkankan pH NAG terendah 3,6. Dilihat dari data pada grafik menunjuk data litologi lanau dominan mengandung batuan PAF sehingga litologi batuan lanau dijadikan sebagai acuan visual paramater menentukan batuan tersebut PAF.



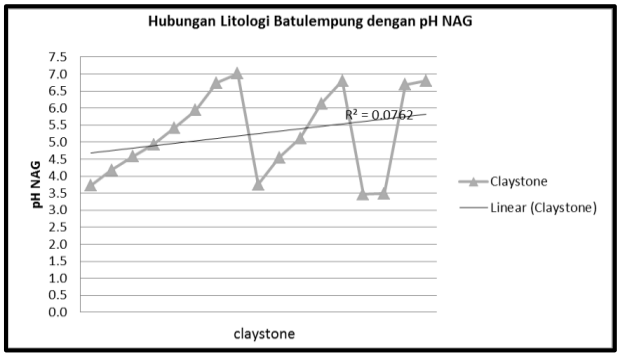
Gambar 12. Grafik hubungan litologi lanau dengan batuan dengan pH NAG

Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa batupasir dengan sifat batuan NAF dengan membandingkan pH NAG dengan litologi batupasir dimana didapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,27 menunjukkan korelasi lemah dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk warna litologi batupasir 7,6 sedangkankan pH NAG terendah 3,2. Dilihat dari data pada grafik menunjuk data litologi batupasir tidak bisa dijadikan sebagai acuan visual paramater menentukan batuan tersebut PAF atau NAF dikarenakan korelasi yang lemah.



Gambar 13. Grafik hubungan litologi batupasir dengan batuan dengan pH NAG

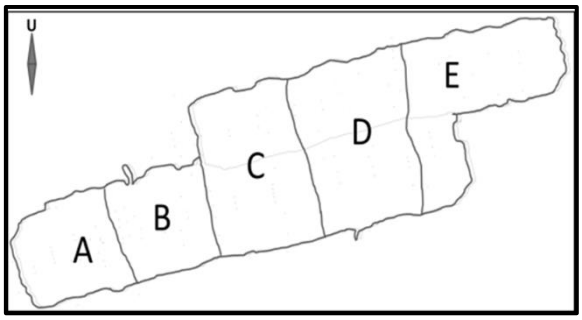
Adanya hubungan korelasi antara kondisi visual batuan berupa litologi batulempung dengan sifat batuan NAF dengan membandingkan pH NAG dengan litologi batulempung dimana didapatkan korelasi linear sebesar r2 = 0,07 menunjukkan korelasi lemah dari data dapat dilihat pH NAG tertinggi untuk litologi batulempung 7,0 sedangkankan pH NAG terendah 3,5. Dilihat dari data pada grafik menunjuk data litologi batulempung tidak bisa dijadikan sebagai acuan visual paramater menentukan batuan tersebut PAF atau NAF dikarenakan korelasi yang lemah.



Gambar 14. Grafik hubungan batulempung dengan batuan dengan pH NAG

Korelasi batuan penutup overburden pada pertambangan batubara dapat digunakan sebagai indikator untuk memprediksi potensi air asam tambang selain yang bersumber dari batubara itu sendiri. Batuan penutup batubara pada area amatan meliputi zona A,B,C,D,E tersusun oleh batuan lempung, pasir. Pengambilan sampel mengikuti pengeboran untuk

sampling geoteknik atau eksplorasi dengan dengan memperhatikan litologi batuannya. Adapun maksud dan tujuan dari korelasi stratigrafi adalah untuk mengetahui persebaran lapisan-lapisan batuan PAF dan NAF atau satuan-satuan batuan secara lateral, sehingga dengan demikian dapat diperoleh gambaran yang menyeluruh dalam bentuk tiga dimensinya. pada hakekatnya adalah menghubungkan lapisan-lapisan batuan yang mengacu pada kesamaan jenis litologinya. Catatan: Satu lapis batuan adalah satu satuan waktu pengendapan.

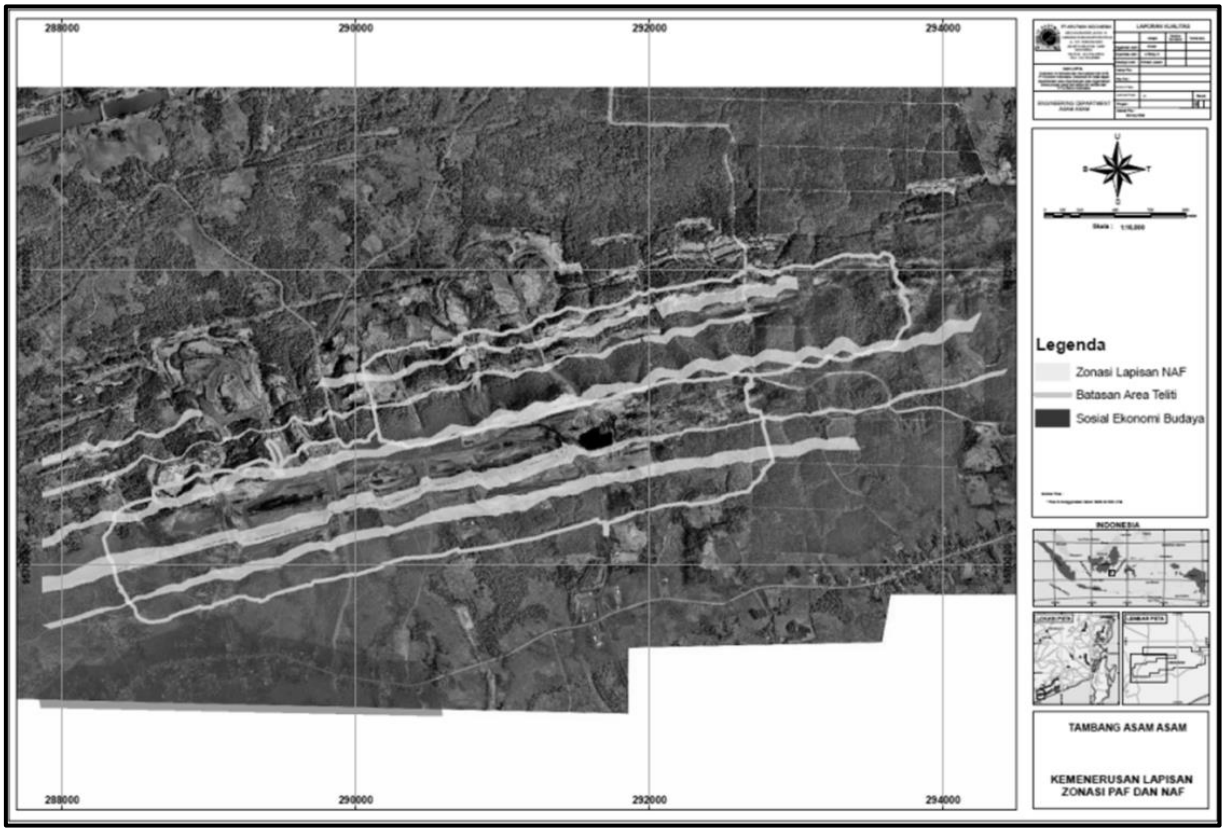


Gambar 15. Zona pembagian area amatan

Volume batuan PAF dan NAF pada daerah amatan didapatkan dari perhitungan model geokimia batuan PAF dan NAF, berikut terlampir hasil perhitungan volume batuan PAF dan NAF pada semua zona amatan.

Tabel 1. Tabel Volume batuan PAF dan NAF

Area	Volume PAF (bcm)	Volume NAF (bcm)
A	29.434.307	18.200.739
B	21.983.147	12.654.519
C	17.464.489	11.638.112
D	112.133.368	121.389.874
E	27.470.709	36.880.938
Total	**208.486.020**	**200.764.182**



Gambar 16. Pemanfaatan zona NAF bagi masyarakat sekitar

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hubungan antara ukuran butir dengan batuan NAF memiliki hubungan korelasi yang kuat pada ukuran butir clay, ukuran butir pasir halus, ukuran butir pasir sangat halus. Sedangkan ukuran butir dengan batuan PAF memiliki hubungan korelasi yang kuat pada ukuran butir lanau.
2. Hubungan antara warna litologi dengan batuan NAF memiliki hubungan korelasi yang kuat pada warna putih sedang, warna abu-abu sedang, warna abu-abu terang. Sedangkan hubungan warna litologi dengan batuan PAF memiliki hubungan korelasi yang kuat pada warna abu-abu gelap. Dan untuk warna coklat tidak dapatkan hubungan yang kuat. Hubungan ketebalan liotologi dengan batuan NAF maaupun PAF tidak memiliki hubungan yang kuat. Hubungan antara jenis litologi lanau dengan batuan PAF memiliki hubungan yang kuat, sedangkan untuk jenis litologi batupasir dan batulempung tidak memiliki korelasi terhadap batuan PAF maupun NAF.
3. Sebaran batuan PAF dan NAF merata pada daerah amatan memiliki karakter berselingan antara batuan PAF dan NAF dengan pola sebaran semakin ke timur batuan PAF semakin dominan.
4. Hasil pemodelan dengan metode korelasi batuan PAF dan NAF didapatkan volume batuan PAF sebesar 208.309.329 BCM, batuan NAF sebesar 200.764.182 BCM,
5. Alokasi rencana pemanfaatan NAF yang ada, dapat diproyeksikan untuk dapat melapisi areal disposal sebanyak 3,5 meter.

DAFTAR PUSTAKA

Pellant, Chris. (1992). *Rocks and Minerals*. London: Dorling Kindersley Limited.

Pope, J. & Weber, P. (2013). Interpretation of column leach characteristics of Brunner Coal Measures for mine drainage management. *AusIMM New Zealand Branch Annual Conference*. 393-401.

Gautama, R.S., & Kusuma, G. J. (2008). Evaluation of Geochemical Tests in Predicting Acid Mine Drainage Potential in Coal Surface Mine. *Mine Water and the Environment*. (2008): 271-274. Diambil dari http://mwen.info/docs/imwa_2008/IMWA2008_048_Gautama.pdf.

Kentwell, A., Garvie,A. & Chapman, J. (2012). Dequacy of Sampling and Volume Estimation for Pre-mining Evaluation of Potentially Acid Forming Waste: Statistical and Geostatistical Methods. *Proceedings of Life-of-Mine Conference.* Brisbane, Australia (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne). 1-16.

PUSLITBANG Teknologi Mineral dan Batubara (2009). Penelitian Penanggulangan Air Asam Tambang pada Tambang Batubara Terbuka di Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan. *Laporan Penelitian*. PUSLITBANG Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.

Kusuma, G.J., Shimada, H., Sasaoka, T., Mazct, K., Nugraha, C., Gautama, R.Y., & Sulistianto, B. (2012). Physical and Geochemical Characteristics of Coal Mine Overburden Dump Related to Acid Mine Drainage Generation. *Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University*. 72(2).

Enggal, N., Cahyadi, R., & Hadriansyah, I. (2012). Studi Terhadap Dosis Penggunaan Kapur Tohor (CaO) Pada Proses Pengolahan Air Asam Tambang Pada Kolam Pengendapan

Lumpur Tambang Air Laya PT Bukit Asam (Persero),tbk. *Jurnal Teknik Patra Akademika*. 5(Juli): 4-17.

Modul Training Air Asam Tambang Arutmin (Pendahuluan, Identifikasi Potensi AAT, Pengujian AAT, Interpretasi – Model Geokimia, Preventif, Treatment).

Supardi. (2013). *Aplikasi Statistika Dalam Penelitian*. Jakarta: Change Publication.

Raymond. (2002). *Petrology The Study Of Igneous, Sedimentary, And Metamorphic Rocks*. USA: McGraw-Hill.

Boggs, Sam. (2006). *Principles of Sedimentary and Stratigraphy* (4th Edition). New Jersey Pearson Education, Inc.

Gautama, R. S. (2012). *Air Asam Tambang*. Diambil dari https://ilmulingkunganuns.files.wordpress.com/2012/09/3-air-asam-tambang-prof-rudy-sayoga.pdf. [10 Mei 2016].

Abfertiawan. (2011). *Konsep Pencegahan Air Asam Tambang*. Diambil dari http://abfertiawan.blog.com/2011/12/konsep-pencegahan-air-asam-tambang-bagian-1/ [10 Mei 2016].

Moss, A. J., Green, P. (1975). Sand And Silt grains: Predetermination Of Their Formation And Properties By Microfractures In Quartz. *Australian Journal of Earth Sciences*. 22(4): 485–495. doi:10.1080/00167617508728913.

Nahon, D. Trompette, R. (1982). Origin Of Siltstones: Glacial Grinding Versus Weathering. *Sedimentology*. 29: 25–35. doi:10.1111/j.1365-3091.1982.tb01706.x.

Lautridou, J. P., Ozouf, J. C. (1982). Experimental Frost Shattering: 15 Years Of Research At The Centre De Geomorphologie Du CNRS. *Progress in Physical Geography*. 6: 215–232. doi:10.1177/030913338200600202.

Goudie, A. S., Viles, H. A. (1995). The Nature And Pattern Of Debris Liberated By Salt Weathering: A Laboratory Study. *Earth Surface Processes and Landforms*. 9: 95–98. doi:10.1002/esp.3290090112.

Wright, J. S., Smith, B. J., Whalley W. B. (1998). Mechanisms Of Loess-Sized Quartz Silt Production And Their Relative Effectiveness: Laboratory Simulations. *Geomorphology*. 23: 15–34. doi:10.1016/S0169-555X(97)00084-6.

National Soil Survey Handbook. (2013). Part 618 (42-55) Soil Properties and Qualities. [Handbook]. United States Department of Agriculture - Natural Resource Conservation Service. Diambil dari https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/home/?cid=nrcs142p2_054241.