

## Analisis material PAF dan NAF dengan metode NAG pada disposal M1E di PT Jorong Barutama Greston

### *Analysis of PAF and NAF materials using NAG method at M1E disposal PT Jorong Barutama Greston*

Dimpos Romario Panjaitan<sup>1</sup>, Uyu Saismana<sup>2</sup>, Marselinus Untung Dwiatmoko<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2,3</sup>Program Studi Rekayasa Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

JL. A. Yani KM 35,5 Banjarbaru 70714. Telp 0812-5475-6338

e-mail: <sup>1</sup>[panjaitandimpos@gmail.com](mailto:panjaitandimpos@gmail.com), <sup>2</sup>[uyu@ulm.ac.id](mailto:uyu@ulm.ac.id), <sup>3\*</sup>[untung@ulm.ac.id](mailto:untung@ulm.ac.id)

#### ABSTRAK

Penambangan Terbuka ialah salah satu metode penambangan yang sangat umum dijumpai di Indonesia, terutama pada industri penambangan batubara. Tanpa terkecuali, industri penambangan batubara tentunya memiliki beberapa dampak bagi lingkungan sekitarnya, dimana salah satunya ialah Air Asam Tambang yang terbentuk oleh tersingkapnya lapisan tanah penutup (overburden). Air asam tambang dapat terbentuk saat material yang berpotensi menyebabkan asam (material PAF) terkena paparan air serta udara. Pada disposal M1E di PT Jorong Barutama Greston telah dilakukan pengeboran guna pengambilan sampel untuk dianalisa dengan metode NAG. Dengan metode pengeboran full coring 6 titik bor, didapati 51 kantong sampel untuk dianalisis. Didapati bahwa 36 (70,59%) sampel tergolong PAF, tiga (5,88%) sampel tergolong NAF, dan 12 (23,53%) sampel tergolong PAF LC. Dengan stratigrafi batuan yang acak dikarenakan kurang adanya pengelolaan disposal yang baik, maka sangat besar potensi batuan PAF untuk mengkontaminasi batuan NAF oleh rembesan air hujan. Disposal M1E kemungkinan besar tergolong dalam disposal yang tidak ramah lingkungan, dimana air lindian yang keluar dari disposal tersebut akan cenderung bersifat asam. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap disposal M1E guna pengumpulan data lebih lengkap.

**Kata-kata kunci:** air asam tambang, coring, lindian, overburden, stratigrafi

#### ABSTRACT

*Open pit mining is one of the most common mining methods found in Indonesia, especially in the coal mining industry. Without exception, the coal mining industry certainly has several impacts on the surrounding environment, one of which is Acid Mine Water (AAT) which is formed by the exposure of overburden. Acid mine water can be formed when potentially acidic materials (PAF materials) are exposed to water and air. At the disposal of M1E at PT Jorong Barutama Greston, drilling has been carried out for sampling to be analyzed by the NAG method. With the 6-point drill full coring drilling method, 51 sample bags were found for analysis. It was found that 36 (70.59%) samples classified as PAF, 3 (5.88%) samples classified as NAF, and 12 (23.53%) samples classified as PAF LC. With random rock stratigraphy due to lack of good disposal management, there is a great potential for PAF rocks to contaminate NAF rocks by rainwater seepage. Disposal of M1E is most likely classified as an environmentally unfriendly disposal, where the leachate water that comes out of the disposal will tend to be acidic. For this reason, further research needs to be carried out on M1E disposal for more complete data collection.*

**Keywords:** acid mine water, coring, leachate, overburden, stratigraphy

#### PENDAHULUAN

PT Jorong Barutama Greston (JBG) merupakan perusahaan pertambangan yang bergerak dalam bidang pertambangan batubara. Perusahaan ini dalam melakukan penambangan menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*). Berdasarkan peraturan pemerintah, Undang-Undang No. 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara serta Undang-Undang No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perusahaan pertambangan memiliki tanggungjawab dalam melakukan pencegahan kerusakan lingkungan akibat aktivitas pertambangan. Salah satu dampak yang sangat penting adalah dampak terhadap badan air, terutama dari aspek kualitas air.

Beberapa disposal yang terdapat di perusahaan ini diantaranya Disposal M1E, Disposal M23E, Disposal UCW dan Disposal M45C. Pada disposal tersebut terindikasi

adanya material yang berpotensi membentuk asam (*Potential Acid Forming*). Untuk mencegah kerusakan lingkungan akibat material asam, dapat dilakukan dengan mengetahui litologi yang berpotensi membentuk asam pada disposal dengan cara melakukan pengeboran. Kemudian diperlukan analisis laboratorium yang hasilnya dapat digunakan dalam usaha pencegahan kerusakan lingkungan akibat aktivitas pertambangan.

Beberapa analisis laboratorium telah banyak dikembangkan di Indonesia dan negara-negara yang melakukan aktivitas pertambangan khususnya pertambangan bijih dan batubara. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui sifat dari material yang berada di disposal dan untuk mengetahui ada atau tidak adanya material yang berpotensi membentuk asam. Metode analisis yang paling umum dikenal adalah metode uji statik dan uji kinetik.

## METODOLOGI

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, yaitu pengamatan lapangan (data litologi pada tiap lubang bor) dan penggunaan data perusahaan (data profil perusahaan).

### Teknik Analisis Data

Sebelum menganalisis data, perlu dilakukannya pengolahan data berupa perhitungan nilai NAG pada sampel batuan yang terlebih dahulu dipreparasi dan dilakukan pengujian dengan metode NAG untuk mengetahui tipe batuan tersebut.

Analisis data dilakukan terhadap hasil pengolahan data untuk mengetahui jumlah materia PAF dan NAF pada disposal serta membuat pembahasan dengan menjabarkan dan menjelaskan faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi jumlah material yang berpotensi membentuk air asam tambang serta pencegahannya.

### Intensitas Hujan Terpilih

Perhitungan intensitas curah hujan dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya metode normal.

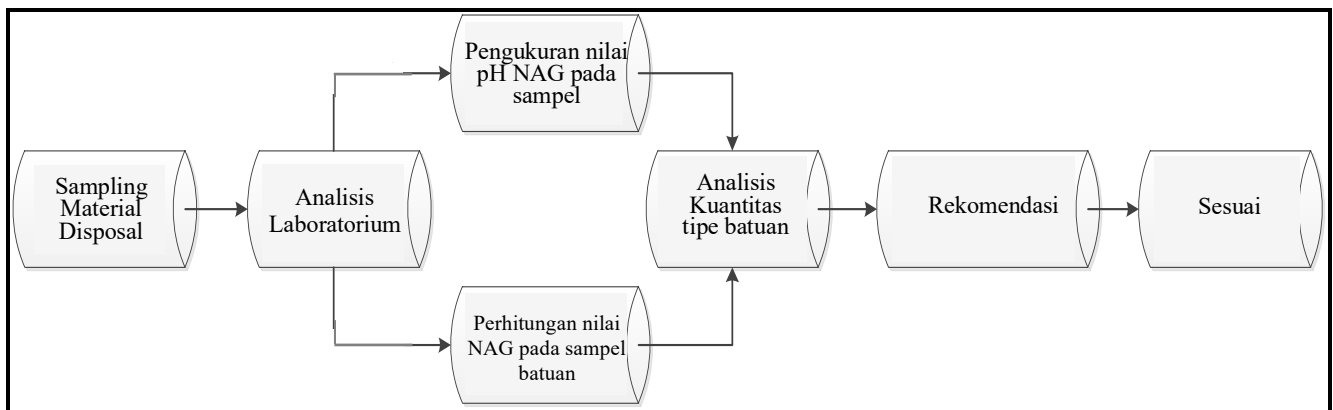
Perhitungan intensitas curah hujan bertujuan untuk mengkonversikan curah hujan harian menjadi curah hujan per jam. Dalam penelitian ini setelah didapatkan curah hujan rencana dan lamanya waktu hujan yaitu data jam hujan maka intensitas curah hujan dapat dihitung menggunakan rumus Normal. Setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh nilai intensitas hujan sebesar 139,26 mm/jam.

## HASIL DAN DISKUSI

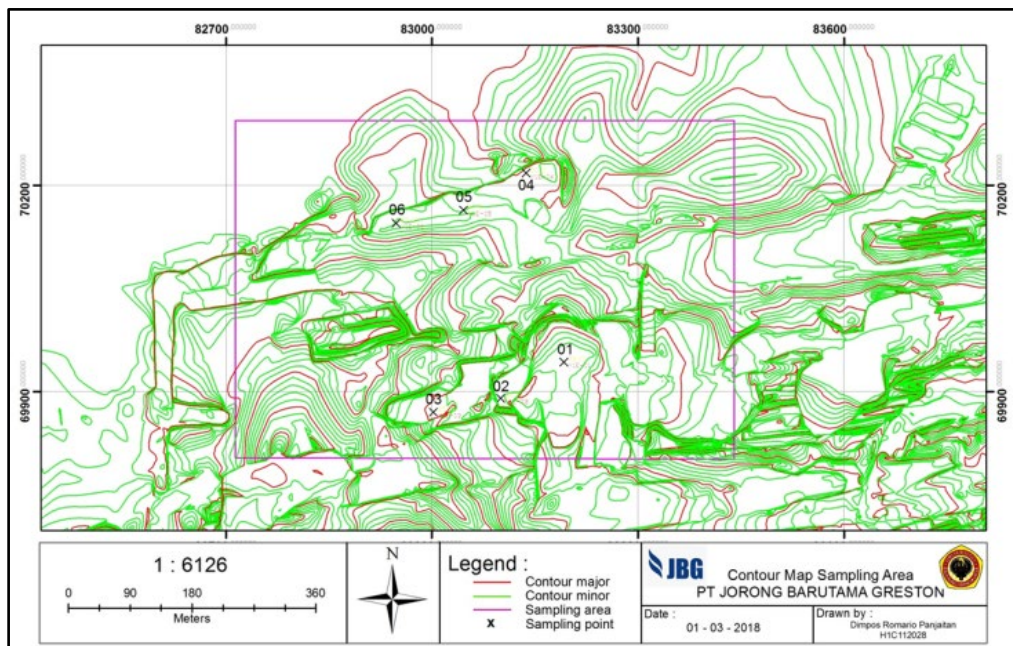
### Sampel Material Lubang Dor

Sampling dilakukan dengan melakukan pengeboran *full coring* pada enam titik di disposal M1E, kemudian sampel dianalisa oleh peneliti dengan metode uji NAG di laboratorium JBG untuk mengklasifikasi material PAF dan NAF.

Pengeboran dengan metode *full coring* ini bertujuan untuk menganalisis material PAF dan NAF yang berpotensi membentuk air asam tambang. Litologi material lubang bor dapat dilihat pada tabel-1 s.d 6.



Gambar-1. Diagram Metodologi Penelitian



Gambar-2. Contour Map Sampling Area

**Tabel-1.** Litologi Material Lubang Bor Disposal M1E-01

No	Depth		Thickness	Description
	From	To		
1	0,00	0,85	0,85	Claystone, grey
2	0,85	2,20	1,35	Claystone, dark grey
3	2,20	3,55	1,35	Silty Claystone, light grey
4	3,55	5,25	1,70	Sandy Claystone, light brown
5	5,25	7,20	1,95	Claystone, light grey
6	7,20	8,50	0,80	Sandy Claystone, light grey
7	8,50	10,30	1,80	Silty Sandstone, grey
8	10,30	13,30	3,00	Sandstone, light grey
9	13,30	14,50	1,20	Silty Sandstone, light grey
10	14,50	16,00	1,50	Sandy Claystone, dark grey
11	16,00	20,00	4,00	Silty Claystone, light brown

**Tabel-2.** Litologi Material Lubang Bor Disposal M1E-02

No	Depth		Thickness	Description
	From	To		
1	0,00	1,30	1,30	Soil, brown
2	1,30	3,00	1,70	Sandstone, gray
3	3,00	5,00	2,00	Sandy Claystone, grey
4	5,00	7,50	2,50	Sandy Claystone, grey
5	7,50	10,30	2,80	Sandy Claystone, grey
6	10,30	13,00	2,70	Sandstone, light grey
7	13,00	14,20	1,20	Sandy Siltstone, grey
8	14,20	15,00	0,80	Sandstone, grey
9	15,00	17,70	2,70	Sandy Claystone, grey
10	17,70	20,00	2,30	Sandy Siltstone, dark grey

**Tabel-3.** Litologi Material Lubang Bor Disposal M1E-03

No	Depth		Thickness	Description
	From	To		
1	0,00	1,00	1,00	Soil, brown,
2	1,00	3,90	2,90	Sandstone, brown
3	3,90	7,50	3,60	Silty Sandstone, light grey
4	7,50	11,00	3,50	Sandy siltstone, light gray
5	11,00	15,00	4,00	Silty Sandstone, dark gray
6	15,00	15,30	0,30	Carbon
7	15,30	17,70	2,40	Coal
8	17,70	20,00	2,30	Sandstone, gray

**Tabel-4.** Litologi Material Lubang Bor Disposal M1E-04

No	Depth		Thickness	Description
	From	To		
1	0,00	1,40	1,40	Soil, brown, have clay
2	1,40	4,30	2,90	Sandy Claystone, light grey
3	4,30	7,50	3,20	Sandy Claystone, light grey
4	7,50	10,00	2,50	Sandy Siltstone, dark grey
5	10,00	13,80	3,80	Sandy Siltstone, grey
6	13,80	15,20	1,40	Sandy Claystone, dark grey
7	15,20	18,70	3,50	Claystone, grey
8	18,70	20,00	1,30	Siltstone, dark grey

**Tabel-5.** Litologi Material Lubang Bor Disposal M1E-05

No	Depth		Thickness	Description
	From	To		
1	0,00	2,60	2,60	Sandstone, light grey
2	2,60	5,00	2,40	Sandy Claystone, light grey
3	5,00	6,00	1,00	Soil, brown
4	6,00	7,80	1,80	Siltstone, dark grey
5	7,80	10,50	2,70	Sandy Siltstone, dark grey
6	10,50	13,00	2,50	Sandstone, grey
7	13,00	15,00	2,00	Sandy siltstone, dark grey
8	15,00	20,00	5,00	Sandstone, grey

**Tabel-6.** Litologi Material Lubang Bor Disposal M1E-06

No	Depth		Thickness	Description
	From	To		
1	0,00	2,00	2,00	Sandy Siltstone, light grey
2	2,00	3,70	1,70	Siltstone, grey
3	3,70	4,00	0,30	Sandstone, grey
4	4,00	4,30	0,30	Soil, brown
5	4,30	8,00	3,70	Siltstone, grey
6	8,00	11,80	3,80	Sandstone, grey
7	11,80	16,00	4,20	Sandy Siltstone, grey
8	16,00	20,00	4,00	Sandstone, grey

**Klasifikasi Material PAF Dan NAF**

Untuk formula klasifikasi material PAF dan NAF dengan metode uji NAG bisa dilihat pada Tabel-7. Penentuan tipe material yang tergolong PAF dan NAF dapat dilihat pada Tabel-8.

**Tabel-7.** Formula Klasifikasi material PAF dan NAF

NAGpH	kg H2SO4/tonne	Acid Potential of Sample
> 4,5	< 5	Non Acid Forming (NAF)
<4,5	≤ 5	Potentially Acid Forming Low Capacity (PAF LC)
> 4,5	> 5	Potentially Acid Forming (PAF)
< 4,5	> 5	Potentially Acid Forming (PAF)

**Tabel-8.** Klasifikasi material PAF dan NAF

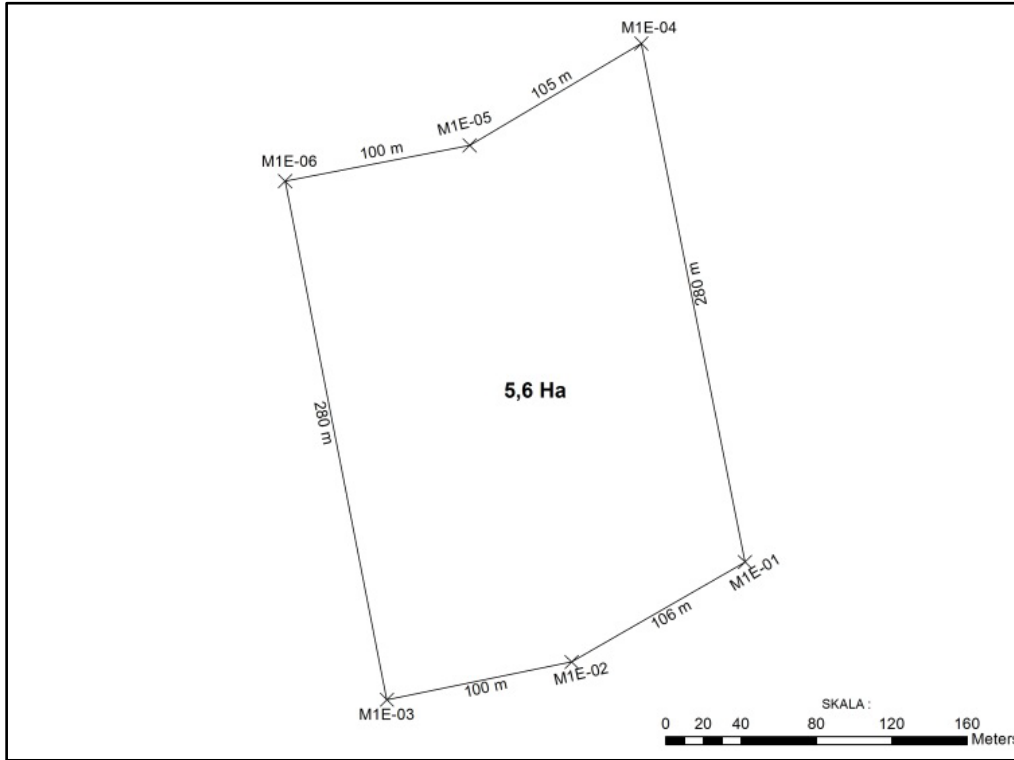
No.	Sample Code	Description	pH NAG	IAG (H2SO4/tonne)		Tipe Batuan
				pH 4.5	pH 7	
1	AMD. 5616/M1E-01/DMP-24/01	Claystone	3,57	2,94	11,66	PAF LC
2	AMD. 5617/M1E-01/DMP-24/02	Clayey Siltstone	2,64	25,09	43,22	PAF
3	AMD. 5618/M1E-01/DMP-24/03	Clayey Sandstone	2,84	15,53	32,29	PAF
4	AMD. 5619/M1E-01/DMP-24/04	Claystone	4,28	0,88	6,76	PAF LC
5	AMD. 5620/M1E-01/DMP-24/05	Clayey Sandstone	3,13	5,1	14,50	PAF
6	AMD. 5621/M1E-01/DMP-24/06	Sandy Siltstone	3,59	2,84	12,25	PAF LC
7	AMD. 5622/M1E-01/DMP-24/07	Sandstone	3,24	4,26	12,64	PAF LC
8	AMD. 5623/M1E-01/DMP-24/08	Sandy Siltstone	5,01	0	4,61	NAF
9	AMD. 5624/M1E-01/DMP-24/09	Clayey Sandstone	3,32	4,17	12,01	PAF LC
10	AMD. 5625/M1E-01/DMP-24/10	Clayey Siltstone	3,46	3,53	14,06	PAF LC
11	AMD. 5626/M1E-02/DMP-26/01	Soil	3,38	4,07	19,50	PAF LC
12	AMD. 5627/M1E-02/DMP-26/02	Sandstone	2,86	14,41	24,89	PAF
13	AMD. 5628/M1E-02/DMP-26/03	Clayey Sandstone	3,03	10,49	22,39	PAF
14	AMD. 5629/M1E-02/DMP-26/04	Clayey Sandstone	2,97	12,74	28,67	PAF
15	AMD. 5630/M1E-02/DMP-26/05	Clayey Sandstone	3,18	36,16	48,66	PAF
16	AMD. 5631/M1E-02/DMP-26/06	Sandstone	2,61	36,75	61,05	PAF
17	AMD. 5632/M1E-02/DMP-26/07	Sandy Siltstone	2,88	19,6	38,66	PAF
18	AMD. 5633/M1E-02/DMP-26/08	Sandstone	2,92	16,17	32,83	PAF
19	AMD. 5634/M1E-02/DMP-26/09	Sandy Claystone	2,92	20,73	38,71	PAF
20	AMD. 5635/M1E-02/DMP-26/10	Sandy Siltstone	2,37	56,35	85,75	PAF
21	AMD. 5636/M1E-03/DMP-27/01	Soil	2,69	21,9	40,33	PAF
22	AMD. 5637/M1E-03/DMP-27/02	Sandstone	3,34	3,23	13,87	PAF LC
23	AMD. 5638/M1E-03/DMP-27/03	Sandy Siltstone	2,48	5,39	51,45	PAF
24	AMD. 5639/M1E-03/DMP-27/04	Silty Sandstone	2,67	27,69	42,09	PAF
25	AMD. 5640/M1E-03/DMP-27/05	Silty Sandstone	2,38	5,88	117,60	PAF
26	AMD. 5641/M1E-03/DMP-27/06	Carbonaceous	2,21	16,17	107,80	PAF
27	AMD. 5642/M1E-03/DMP-27/07	Sandstone	2,09	115,15	164,15	PAF
28	AMD. 5643/M1E-04/DMP-23/01	Soil	3,05	5,49	20,83	PAF
29	AMD. 5644/M1E-04/DMP-23/02	Clayey Sandstone	2,91	21,27	39,64	PAF
30	AMD. 5645/M1E-04/DMP-23/03	Clayey Sandstone	2,67	35,43	53,95	PAF
31	AMD. 5646/M1E-04/DMP-23/04	Sandy Siltstone	3,13	8,09	19,01	PAF
32	AMD. 5647/M1E-04/DMP-23/05	Sandy Siltstone	4,00	1,47	11,96	PAF LC
33	AMD. 5648/M1E-04/DMP-23/06	Clayey Sandstone	2,52	44,15	78,01	PAF
34	AMD. 5649/M1E-04/DMP-23/07	Claystone	2,45	49	132,30	PAF
35	AMD. 5650/M1E-04/DMP-23/08	Siltstone	2,48	44,1	124,95	PAF
36	AMD. 5651/M1E-05/DMP-25/01	Sandstone	3,26	5	15,97	PAF LC
37	AMD. 5652/M1E-05/DMP-25/02	Sandy Claystone	2,63	25,92	43,12	PAF
38	AMD. 5653/M1E-05/DMP-25/03	Soil	3,46	5,64	26,41	PAF
39	AMD. 5654/M1E-05/DMP-25/04	Claystone	3,34	5,19	17,25	PAF
40	AMD. 5655/M1E-05/DMP-25/05	Sandy Siltstone	4,31	0,74	13,72	PAF LC
41	AMD. 5656/M1E-05/DMP-25/06	Sandstone	2,54	32,00	46,06	PAF
42	AMD. 5657/M1E-05/DMP-25/07	Sandy Siltstone	7,36	0,00	0,00	NAF
43	AMD. 5658/M1E-05/DMP-25/08	Sandstone	3,45	3,92	10,19	PAF LC
44	AMD. 5659/M1E-06/DMP-28/01	Silty Sandstone	2,93	8,23	23,13	PAF
45	AMD. 5660/M1E-06/DMP-28/02	Siltstone	2,92	11,86	18,38	PAF
46	AMD. 5661/M1E-06/DMP-28/03	Sandstone	2,74	17,89	27,83	PAF
47	AMD. 5662/M1E-06/DMP-28/04	Soil	2,93	10,78	15,24	PAF
48	AMD. 5662/M1E-06/DMP-28/05	Siltstone	2,86	16,12	26,51	PAF
49	AMD. 5664/M1E-06/DMP-28/06	Sandstone	2,60	32,39	43,90	PAF
50	AMD. 5665/M1E-06/DMP-28/07	Sandy Siltstone	2,57	37,29	49,98	PAF
51	AMD. 5666/M1E-06/DMP-28/08	Sandstone	6,43	0	1,81	NAF

Dapat dilihat bahwa material umum yang terdapat dalam sampel pengeboran *full coring* di atas ialah *sandstone*, *siltstone*, dan *claystone* dimana rata-rata tergolong dalam material yang berpotensi membentuk asam (PAF) sejumlah 70,59 %.

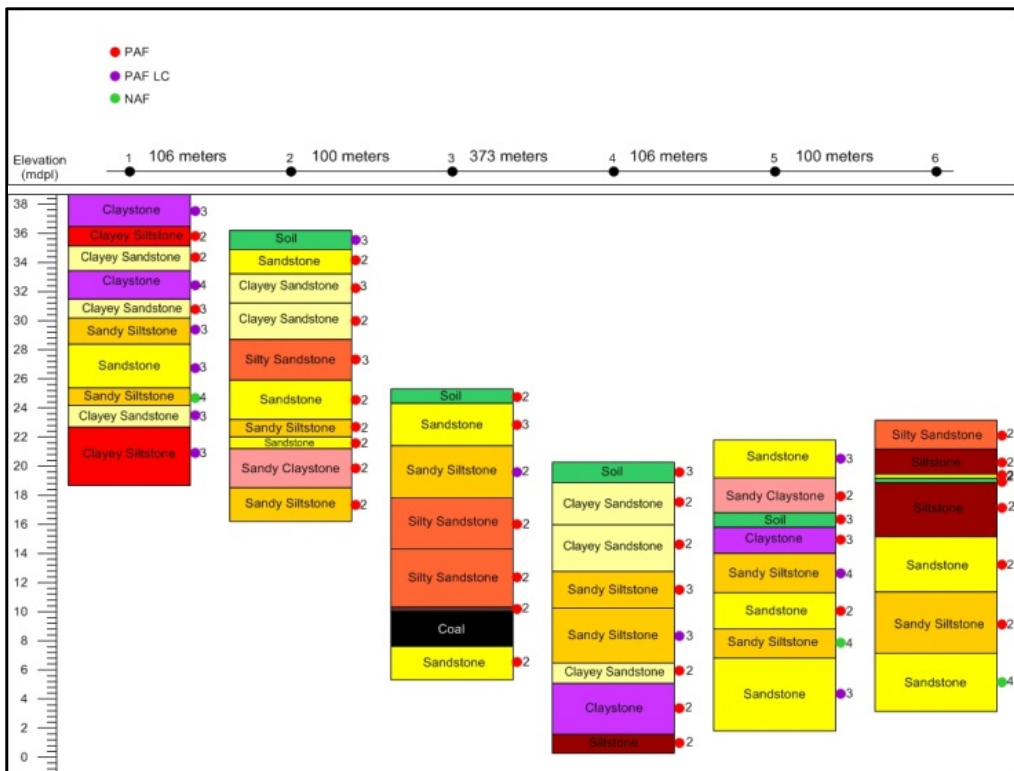
Sampel dengan nilai pH overnight terendah terdapat pada M1E-03 sampel no. 7 dengan nilai pH sebesar 2,09 dan sampel dengan nilai pH overnight tertinggi terdapat pada M1E-05 sampel no. 7 dengan nilai pH sebesar 7,36.

Pada hasil uji diatas mengacu pada sampel no. 27 dan 42 dapat dilihat bahwa nilai NAG berbanding terbalik nilai pH *overnight*, dimana semakin rendah nilai pH *overnight* maka akan semakin tinggi nilai NAG-nya.

Berdasarkan Gambar-3 dapat dilihat bahwa lubang bor di disposal M1E membentuk poligon tertutup dengan luas 5,6 Ha dengan jarak terjauh sebesar 280 meter dan jarak terdekat sebesar 100 meter. Gambar-4 merupakan pengolahan data litologi material PAF dan NAF yang berada pada disposal M1E.



Gambar-3. Jarak antar Lubang Bor



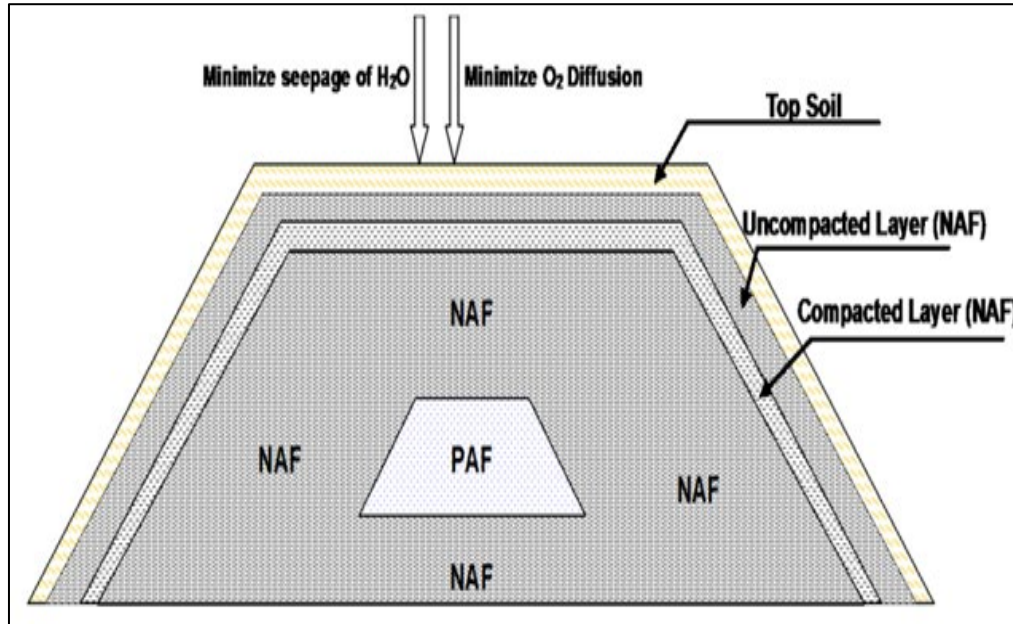
Gambar-4. Litologi Penggolongan Material PAF dan NAF

Mengacu pada Gambar-4, dapat dilihat bahwa sampel pada lubang bor yang satu dan lainnya sangat berbeda dan tidak saling berhubungan baik dengan litologi tiap lubang bor, jenis batuan berdasarkan hasil uji NAG-nya, maupun dengan penggolongan pH *overnight* yang telah diolah oleh peneliti. Selain itu, ada potensi bahwa tipe batuan PAF dapat mengkontaminasi batuan NAF sehingga menjadi PAF, melihat bahwa pada dasarnya material *soil* tergolong dalam material NAF.

Pada metode diatas, material PAF dilapisi oleh material NAF yang kemudian dipadatkan, lalu dilapisi lagi

oleh material NAF tanpa pemadatan dan yang terakhir ditutupi oleh *top soil* guna proses reklamasi. Pemadatan diatas diharapkan berguna untuk meminimalisir resapan air yang menuju ke material PAF sehingga air lindian yang keluar dari disposal tersebut cenderung tidak asam.

Dengan melakukan pemisahan batuan PAF dan batuan NAF sedemikian rupa, diharapkan potensi terbentuknya AAT sangat kecil, Penanganan pada disposal M1E seperti Gambar-5 tentunya membutuhkan material NAF dari kegiatan pembongkaran *overburden* yang sedang berlangsung di JBG.



Gambar-5. Metode Enkapsulasi material PAF dan NAF

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini ialah:

1. Dari hasil uji laboratorium, klasifikasi jenis material di disposal M1E dengan metode uji NAG dari 51 sampel terdapat material PAF sebanyak 36 sampel (70,59%), material PAF LC sebanyak 12 sampel (23,53%), dan material NAF sebanyak 3 sampel (5,88%). Dapat dikatakan pula bahwa disposal M1E tergolong dalam disposal yang sangat berpotensi membentuk air asam tambang (AAT).
2. Karena kurang adanya pengelolaan disposal yang baik di PT Jorong Barutama Greston pada tahun 2000 sampai tahun 2008 dimana disposal M1E telah ada sejak tahun 2006 dan didukung oleh belum terbentuknya Undang-undang no. 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara serta Undang-undang no. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan lingkungan hidup, maka disposal tersebut harus tergolong dalam disposal yang tidak baik bagi lingkungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak Universitas Lambung Mangkurat dan juga Fakultas Teknik, khususnya kepada seluruh Bapak/Ibu Dosen pengajar serta Jajaran Staf pada Program Studi Teknik Pertambangan yang telah memberi dukungan dalam bentuk ilmu, fasilitas, sampai legalitas terhadap penelitian ini.

Saya juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak PT Jorong Barutama Greston yang telah memberikan kesempatan, waktu, dan tempat kepada saya untuk melakukan penelitian Tugas Akhir ini. Saya mohon maaf apabila ada yang tidak berkenan di hati para staf karyawan sekalian, baik dari perkataan maupun perbuatan saya.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang merupakan rekan seperjuangan dalam masa-masa sulit yang selalu membuat saya semangat dalam menempuh pendidikan di bangku perkuliahan, karena motivasi dari mereka jugalah yang membuat saya bertahan sampai sekarang.

Saya juga mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada ibu dan bapak saya, yang telah mendukung saya dan mendoakan saya hingga saya dapat menyelesaikan perkuliahan saya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. S. Novianti, M. Reza, E. Fatmawati and R. Ramanda, "UJI FREE DRAINING COLUMN LEACH MENGGUNAKAN VARIASI PERSENTASI MATERIAL PAF DAN NAF: STUDI KASUS OVERBURDEN TAMBANG BATUBARA," *Jurnal Geosapta*, vol. 7, no. 1, pp. 43-46, 2021.
- [2] Y. S. Novianti, D. R. Panjaitan and M. A. Kamarullah, "IDENTIFIKASI SEBARAN MATERIAL PAF/NAF

- BERDASARKAN LITOLOGI BATUAN PADA AREA TIMBUNAN OVERBURDEN," *Jurnal Geosapta*, vol. 3, no. 2, pp. 121-124, 2017.
- [3] R. S. Gautama, Y. S. Novianti, Supringgo and Eko, "Review on In-pit Treatment of Acidic Pit Lake in Jorong Coal Mine, South Kalimantan, Indonesia," in *An Interdisciplinary Response to Mine Water Challenges*, China, 2014.
- [4] C. Nugraha, H. SHIMADA, T. SASAOKA, M. ICHINOSE, K. MATSUI and MANEGE, "Waste rock characteristics at tropical coal mine area: A case study of PT. Kaltim Prima Coal, Indonesia," *International Journal of the JCRM*, vol. 5, no. 2, pp. 77-82, 2009.
- [5] S. Maharani, P. Purwanto, J. W. Hidayat and J. Triraharjo, "Potential Formation of Acid Mine Drainage In Putra Perkasa Abadi Coal Mining Company - Girimulya Site (BIB), Tanah Bumbu Regency, South Kalimantan," in *The 3rd International Conference on Energy, Environmental and Information System (ICENIS 2018)*, 2018.
- [6] E. J. Tuheteru, P. N. Hartami and R. Yulianti, "A preliminary study on the formation of acid mine drainage through rock geochemical test in the coal mining areas," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Jakarta, 2023.
- [7] Anggayana, K., Widayat, H. A., *Buku Ajar Pengeboran Eksplorasi dan Penampang Lubang Bor*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2005.
- [8] Gautama, R.S., *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2014.
- [9] Mardian, Wendi., *Profil Perusahaan*. Geology Department PT. Jorong Barutama Greston: Jorong, 2017.
- [10] Novi, Heny., *Disposal Pertambangan*. <https://www.slideshare.net/henyFTI/disposal-pertambangan>. Diakses pada tanggal 3 Maret 2017 pada pukul 10.35 WITA.
- [11] Nugraha, W. G., Arifin, Y. F., Mahyudin, I., "Identifikasi Visual Batuan PAF dan NAF Studi Kasus di PT. Arutmin Indonesia Asam-Asam. Kalimantan Selatan," *Jurnal Enviro Scientiae*. Hal 292-301, 2016.
- [12] Smart, R., "Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage." *AMIRA International*, Australia, 2002.