

**KAJIAN GEOKIMIA AIR ASAM TAMBANG
DESA MANJELUTUNG, KECAMATAN SESAYAP,
KABUPATEN TANA TIDUNGKALIMANTAN UTARA**

Oleh:

Evy Kurniawan

ABSTRAK

Kajian Geokimia ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran, karakteristik serta penyebaran sifat potensi keasaman material batuan-batuan penutup di area Pit.

Beberapa tahapan pekerjaan yang dilakukan dalam kajian ini meliputi pemboran full coring, penyampelan batuan untuk uji NAG, pengujian laboratorium, penarisan serta penentuan estimasi prosentasi material bersifat PAF dan NAF.

Berdasarkan tinjauan Geologi, maka formasi regional di area daerah penelitian adalah berupa Formasi Tabul berumur Miosen. Adapun secara lokal maka litologi penyusun di area daerah penelitian terdiri dari perulangan perlapisan batulempung dan batupasir dengan sisipan batulanau dan batubara.

Total lubang bor yang digunakan dalam kajian ini berjumlah 4 lubang, yaitu GT-09 dan GT-04 di sisi selatan, serta GT-01 dan GT-05 di sisi Utara.

Metode penyampelan untuk uji NAG adalah berupa komposit dengan total sampel berjumlah 12 sampel, mewakili semua variasi batuan yaitu claystone, sandstone dan siltstone serta berasal dari semua zona batuan penutup dari overburden seam J1 sampai underburden seam E2. Penentuan sifat keasaman batuan dilakukan berdasarkan uji NAG dengan menggunakan SNI 13-7170-2006.

Berdasarkan karakter keasaman dari setiap lapisan batuan tersebut, maka didapatkan bahwa material PAF memiliki prosentase 90%, sedangkan material bersifat NAF memiliki prosentase sebesar 10%.

Untuk menjaga tidak terjadinya air asam tambang adalah dengan melakukan enkapsulasi, yaitu dengan cara sekuen penimbunan material batuan penutup dengan memisahkan antara batuan berpotensi PAF dengan batuan berkarakter NAF.

Kata Kunci: Air asam tambang, PAF/NAF, Enkapsulasi, AAT, NAG.

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

1. Pendahuluan

Air asam tambang (AAT) merupakan air dengan pH rendah dan kelarutan logam yang tinggi sebagai akibat dari adanya reaksi antara mineral sulfida yang tersingkap karena kegiatan penggalian. Dalam kegiatan penambangan sistem terbuka, air asam tambang berpotensi dapat terbentuk di area penambangan aktif dan area disposal.

Keberadaan air asam tambang di lingkungan terutama air permukaan maupun air tanah berpotensi memberikan dampak terhadap terganggunya kualitas dan habitat lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan yang baik untuk mencegah dan mengelola agar memenuhi standar kualitas lingkungan sebelum dialirkan ke badan air penerima.

Air asam tambang merupakan lindian, rembesan, atau aliran akibat adanya oksidasi mineral sulfida pada kegiatan penambangan. Proses pembentukan air asam tambang diakibatkan karena adanya interaksi secara bersamaan antara tiga komponen yaitu mineral sulfida, air dan oksigen.

Pembentukan air asam tambang terjadi melalui proses pelapukan pada dinding tambang, erosi pada permukaan-gully, serta proses leaching pada material timbunan.

Mineral sulfida merupakan senyawa-senyawa kimia dalam batuan yang mengandung sulfat. Melalui proses pelapukan dan leaching, mineral-mineral sulfida dapat menyebabkan kerusakan lingkungan hidup. Beberapa mineral dalam batuan yang mengandung unsur sulfida diantaranya *pirit*, *markasit*, *pyrhitite*, *chalcocite*, *covelite*, *molibdenite*, *chalcopyrite*, *galena*, *sphalerite*, serta *arsenopirit*.

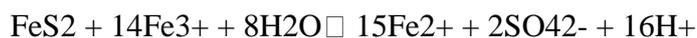
Pada kegiatan pertambangan batubara, unsur sulfur berkaitan dengan proses sedimentasi. Sulfur di dalam batuan terbagi menjadi sulfur piritik dan sulfur organik. Nilai total sulfur pada batuan yang mengandung sulfur piritik pada mineral-mineral logam, umumnya akan memberikan prediksi pembentukan air asam tambang yang akurat.

Adapun nilai total sulfur pada sulfur yang bersifat organik misal pada lapisan batubara atau batukarbon, akan memberikan prediksi nilai air asam tambang yang over estimate. Air dan oksigen hadir bersama dengan proses pelapukan terhadap batuan-batuan yang mengandung mineral sulfida tersebut.

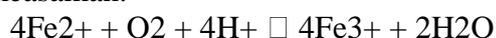
Reaksi kimia pembentukan air asam tambang dimulai dengan adanya pelapukan dan oksidasi mineral pirit. Pirit dioksidasi membentuk sulfat dan besi ferro. Reaksi kimia tersebut terjadi baik dalam kondisi biotik maupun abiotik.



Dalam kondisi semakin asam ($\text{pH} < 4.5$), maka akan terjadi reaksi kimia sebagai berikut:



Kemudian, terjadi konversi dari besi ferro menjadi besi ferri yang mengkonsumsi satu mol keasaman.



Selama kegiatan penambangan, jika program identifikasi, karakterisasi material pembentuk asam, serta pengelolaan air asam tambang tidak dilakukan secara benar, maka dapat menimbulkan terbentuknya air asam tambang yang

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

dapat menyebabkan pencemaran lingkungan hidup, menurunkan kesuburan tanah, serta mencemari air tanah dan air permukaan.

Pada air permukaan dan air tanah, air asam tambang dapat meningkatkan nilai keasaman air serta dapat meningkatkan kandungan logam terlarut dalam air. Kedua faktor tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas hidup biota-biota dalam air.

Proses pencemaran air tanah terjadi ketika zat-zat yang bersifat merusak lingkungan seperti Fe, Mn, SO₄ ikut terlarut dalam air tanah dan berpindah ke badan sungai melalui proses siklus keseimbangan air tanah.

Secara alami, proses berlangsungnya pencemaran air asam tambang akan terus terjadi sampai berhentinya proses reaksi kimia dari ketiga parameter pembentuk air asam tambang tersebut.

Proses tersebut dapat berlangsung dalam waktu puluhan bahkan sampai ratusan tahun, sehingga dampak kerusakan lingkungan hidup akan sangat besar.

2. Metode Penelitian

Proses pengelolaan air asam tambang secara umum terbagi menjadi tiga bagian, yaitu karakterisasi, perencanaan penempatan batuan timbunan, serta pelaksanaan penempatan batuan penutup. Ketiga proses tersebut merupakan satu kesatuan dalam rangkaian kegiatan penambangan mulai dari tahap eksplorasi, perencanaan penempatan batuan penutup dan implementasi penempatan batuan penutup.

Kajian geokimia ini mencakup proses karakterisasi batuan melalui uji NAG tes, kemudian hasil dari karakterisasi batuan tersebut digunakan dalam proses pemodelan material PAF serta perencanaan pemindahan batuan penutup. Karakterisasi batuan dilakukan dengan melakukan uji potensi batuan membentuk air asam tambang terhadap sampel-sampel batuan pada rencana area penambangan.

Salah satu metoda yang dilakukan untuk menentukan tingkat keasaman batuan adalah uji NAG tes. Berdasarkan hasil uji tersebut, maka dapat dilakukan penarisan atau pemisahan jenis-jenis batuan berdasarkan sifat potensi pembentukan keasamannya.

Setelah diketahui karakteristik batuan-batuan penutup, maka dilanjutkan dengan perencanaan penempatan batuan penutup. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk meminimalisir terjadinya rekasi-rekasi pembentukan air asam tambang.

Kegiatan penyelidikan lapangan dalam kajian Geokimia di daerah penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan pekerjaan yaitu pemboran full coring, pemerian dan penyampelan inti batuan serta pengujian laboratorium.

Kegiatan pemboran di daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin bor Jakro 240, ukuran mata bor HMLC dengan diameter 6.20cm, serta dengan arah penetrasi mata bor vertikal.

Metoda pemboran yang digunakan adalah berupa full coring, dimana dalam pemboran ini dilakukan pengambilan inti batuan-core secara keseluruhan dari kedalaman awal sampai dengan total kedalaman akhir.

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

Untuk setiap panjang inti batuan 5m, sampel hasil pemboran diletakkan kedalam core box, kemudian dilakukan pengamatan, pengukuran, pencatatan dan penyampelan inti batuan.

Untuk mendapatkan semua variasi litologi di dalam area rencana penambangan, maka posisi lubang bor ditempatkan pada area *high wall* dan *low wall*.

Jumlah minimum lubang bor AMD dalam suatu area dihitung dengan rumus:

$n = \text{Area (Ha)} / 40.5 + 2$, dengan sepasi lubang bor ≤ 500 m. Pit Daerah penelitian memiliki area seluas sekitar 193.82 Ha.

Berdasarkan rumus diatas, maka jumlah lubang bor yang diperlukan adalah 6 titik bor. Pada kegiatan penyelidikan ini, lubang bor untuk penyelidikan geokimia berjumlah 4 titik bor yaitu titik bor GT-01,GT-04, GT-05, dan GT-09.

Lokasi titik pemboran terbagi menjadi 2 area-segmen, yaitu area sisi selatan pit dan area sisi utara pit. Titik bor GT-09 dan GT-04 mewakili area segmen sisi Selatan, mencakup zona overburden seam J1 sampai dengan underburden seam E1. Adapun titik bor GT01 serta GT-05 mewakili area segmen sisi Utara mencakup zona interburden seam J1 sampai dengan underburden seam E1.

Kedalaman lubang pemboran bervariasi antara 40m sampai dengan 105m, menyesuaikan dengan target kedalaman penambangan.

Resume kegiatan pemboran geokimia di area daerah penelitian dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

NO	HOLE	KOORDINAT			TOTAL DEPTH (m)
		EASTING	NORTHING	ELEVATION	
1	DHGT-01	520272.17	407788.01	10.33	95
2	DHGT-04	520171.13	406417.22	14.55	40
3	DHGT-05	520496.55	407507.44	11.30	73
4	DHGT-09	519637.20	406706.91	12.11	105
TOTAL					313

Setelah inti bor terangkat ke permukaan, kemudian inti bor ditempatkan ke dalam core box, yaitu sebuah tempat berbentuk persegi panjang, terdiri dari 5 lajur, dengan masing-masing lajur berukuran panjang 1 m, dengan total panjang core dalam 1 buah core box adalah sebesar 5 m. Pada ujung-ujung core box diberikan tanda bagian top dan bottom serta interval kedalaman, untuk menandai posisi bagian atas dan bawah dari setiap sampel, sehingga posisi dan rutan core sampel tidak tertukar-terbalik. Kemudian sampel hasil pemboran dilakukan pendeskripsian, pendokumentasian dan penyampelan batuan.

Pendeskripsian core pemboran dilakukan di dalam field form bore log mengikuti form pemboran geoteknik. Parameter-parameter pendeskripsian meliputi nama batuan, warna, kandungan mineral, derajat plastisitas, derajat kekerasan, tingkat pelapukan, core recovery serta nilai RQD.

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

Beberapa parameter utama yang berkaitan dengan indikasi adanya material batuan berpotensi asam adalah jenis litologi batulempung, karbonan, serta identifikasi mineral sulfur.

Pengambilan sampel untuk uji geokimia-NAG dilakukan dengan menggunakan kaidah komposit, artinya 1 sampel batuan mewakili setiap jenis batuan. Rincian tata cara pengambilan sampel secara komposit adalah sebagai berikut ; Dalam setiap satu (1) interval sampel batuan, sampel dibagi menjadi 10 bagian, Dari setiap bagian tersebut, inti batuan diambil 2-4 cm keping sampel, Semua potongan sampel dalam 1 (satu) interval dimasukkan ke dalam plastik sampel untuk dilakukan komposit, Plastik sampel diikat secara kuat kemudian dituliskan identitas sampel, seperti nama lubang bor, interval dan jenis litologi, Setiap interval sampel yang dilakukan uji NAG kemudian dicatat dan diurutkan mengikuti stratigrafi batuan.

3. Pembahasan dan Hasil Penelitian

3.1. Pembahasan

Mengacu pada Kepmen 1827K/MEM 30/2018 dalam identifikasi batuan berpotensi asam, maka jenis tes yang digunakan adalah NAG. Dalam kajian ini, pelaksanaan uji dilakukan di laboratorium Sucofindo-Samarinda menggunakan metoda Analisa KPA (SNI 13-6599-2001) dan Analisa KPA(SNI 13-7170-2006).

Pengujian Kapasitas Penetrasi Asam (KPA) secara prinsip adalah mereaksikan material tambang dengan menggunakan larutan HCL standar berlebih pada kondisi panas, tidak boleh mendidih agar reaksi dapat berjalan sempurna.

Adapun cara penentuan Pembentukan Asam Neto (PAN) yaitu dengan melakukan analisa terhadap sampel dengan ukuran 100 mesh sebanyak 1 gram dengan penambahan 100 ml H₂O₂ yang ditempatkan pada ruang asam paling sedikit 12 jam.

Hasil akhir NAG test dinyatakan dalam dua bentuk nilai, yakni: NAG pH (nilai pH larutan setelah reaksi dengan H₂O₂ berlebih selesai, dan NAG acidity (hasil akhir konsentrasi keasaman pada larutan yang dinyatakan dalam kg H₂SO₄/ton.

Batuan dikategorikan sebagai NAF jika NAG pH nya > 4.5, serta dikategorikan sebagai PAF jika NAG pH < 4.5.

3.2. Hasil Penelitian

Hasil dari Uji laboratorium ditampilkan dalam table sebagai berikut :

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

[Tabel Hasil Uji NAG Pit PT. X

NO.	SAMPLE CODE	DEPTH (m)		LITHOLOGY	STRATIG RAFI	pH NAG	NAG pH = 4.5	NAG PH = 7	ANC	S Total	MPA	NAPP	NPR	KATEGORI
		FROM	TO											
1	Amd-01	15.40	15.70	Sandstone	OB J1	3.78	3.54		4.14	0.01	0.31	-3.83	13.51	PAF
2	Amd-02	35.26	35.46	Claystone	IB J1-J2	3.3	7.13		3.64	0.13	3.98	0.34	0.91	PAF
3	Amd-03	82.16	82.46	Sandstone	IB H-HX	4.11	1.43		25.12	0.13	3.98	-21.13	6.31	PAF
4	Amd-04	95.43	95.70	Sandstone	IB H-HX	5.02	0.00		28.26	0.17	5.21	-23.06	5.43	NAF
5	Amd-05	15.17	16.00	Siltstone	IB F-E	4.02	1.74		25.2	0.18	5.51	-19.69	4.57	PAF
6	Amd-06	31.98	32.28	Sandstone	IB E-D	3.29	5.24		2.87	0.06	1.84	-1.03	1.56	PAF
7	Amd-07	41.56	41.76	Sandy Claystone	IB J2-I	3.33	4.53	13.61	10.76	0.08	2.32	-8.44	4.64	PAF
8	Amd-08	59.23	59.43	Claystone	IB I-H	3.78	3.19	16.40	8.58	0.03	0.94	-7.64	9.15	PAF
9	Amd-09	87.2	87.4	Sandy Claystone	IB H-G	4.50	0.00	7.11	17.42	0.07	2.14	-15.28	8.14	NAF
10	Amd-10	38.26	38.56	Sandstone	IB G-F	3.50	3.22	12.74	13.38	0.08	2.38	-11.00	5.62	PAF
11	Amd-11	53.55	53.75	Claystone	IB G-F	4.05	1.44	9.41	18.72	0.05	1.67	-17.05	11.22	PAF
12	Amd-12	61.9	62.1	Claystone	IB F-E	2.36	23.94	31.67	17.92	1.32	40.50	22.59	0.44	PAF

Penentuan jenis batuan penutup di area penambangan Pit daerah penelitian didasarkan pada data pemboran full coring selama kajian geokimia berlangsung dan dari data pemboran tersebut, diketahui litologi batuan penutup di area Pit terdiri dari lapisan tanah dan rawa-rawa, perselingan batulempung, batupasir, batulanau dan batubara.

Pengujian sifat keasaman batuan penutup di area Pit daerah penelitian telah dilakukan pada seluruh jenis batuan, yaitu meliputi lapisan batulempung, batupasir dan batulanau dengan total sampel berjumlah 12 sampel serta mewakili seluruh zona lapisan batuan penutup dari Seam J2 sampai dengan seam 4.

Penentuan penyebaran material PAF dan NAF secara vertikal didasarkan pada hasil uji laboratorium yang kemudian diurutkan berdasarkan urutan stratigrafi sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

- Hasil pengujian laboratorium terhadap sampel-sampel pada lubang bor GT-09 adalah sebagai berikut: Sampel AMD-1 pada litologi *sandstone* bersifat PAF, Sampel AMD-2 pada litologi *claystone* bersifat PAF, Sampel AMD-3 pada litologi *sandstone* bersifat PAF, dan Sampel AMD-4 pada litologi *sandstone* bersifat NAF

Keterangan hasil penarisan sampel-sampel batuan pada lubang bor GT-09 adalah seperti pada gambar dibawah ini:

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

UMUR	FORMASI	Kedalaman (m)	Litologi	Seam	Sampel	Hasil	Material
MIOCEN	TABUL	0					
		10			AMD-1		PAF
		20					
		30		J1	AMD-2		PAF
		40		J2			
		50					
		60					
		70					
		80		H			
		90			AMD-3		PAF
		100			AMD-4		NAF
110			HX				

KETERANGAN

- Claystone
- Sandstone
- Cb Claystone
- Coal

- Hasil pengujian laboratorium terhadap sampel-sampel lubang bor GT-04 adalah sebagai berikut ; Sampel AMD-05 litologi pada litologi *sandy siltstone* bersifat PAF dan Sampel AMD-06 pada litologi *sandstone* bersifat PAF.

Keterangan hasil penarisan sampel-sampel batuan pada lubang bor GT-04 adalah seperti pada gambar dibawah ini.

UMUR	FORMASI	Kedalaman (m)	Litologi	Seam	Sampel	Hasil	Material
MIOCEN	TABUL	0					
		10		E			
		20			AMD-5		PAF
		30		E1	AMD-6		PAF
		40		E2			

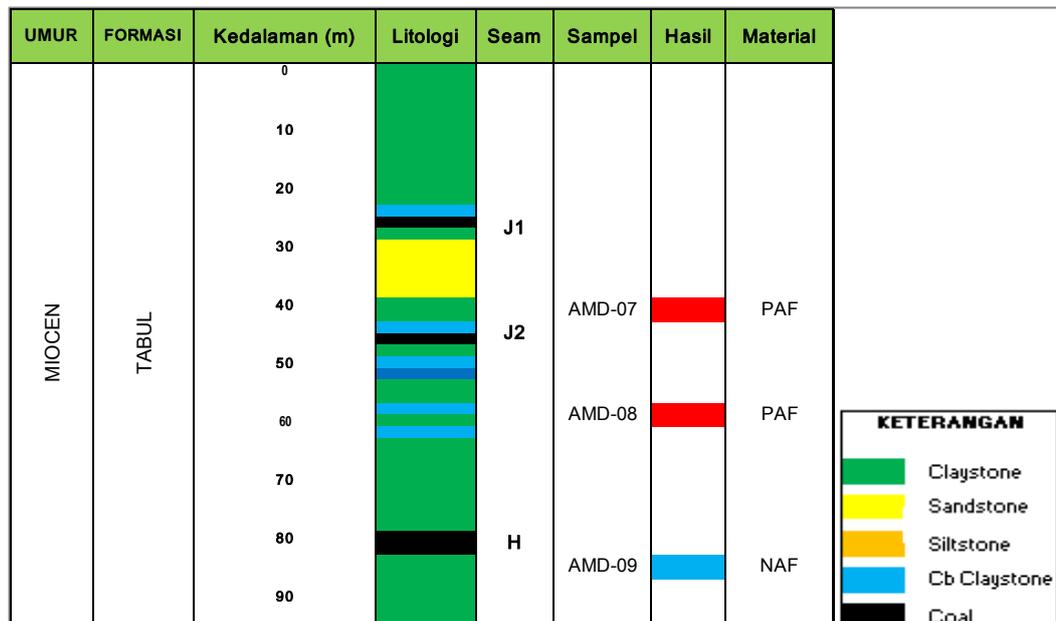
KETERANGAN

- Claystone
- Sandstone
- Cb Claystone
- Coal

- Hasil pengujian laboratorium terhadap sampel-sampel lubang bor GT-01 adalah sebagai berikut ; Sampel AMD-07 litologi pada litologi *sandy claystone* bersifat PAF, Sampel AMD-08 pada litologi *clay stone* bersifat PAF dan Sampel AMD-09 pada litologi *sandy claystone* bersifat NAF.

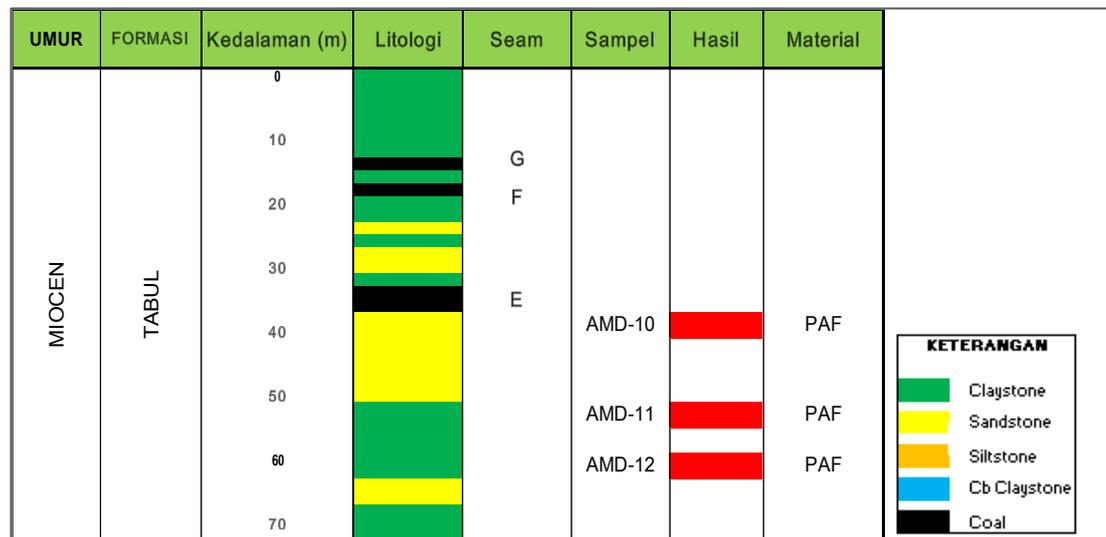
Keterangan hasil penarisan sampel-sampel batuan pada lubang bor GT-01 adalah seperti pada gambar dibawah ini :

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)



- Hasil pengujian laboratorium terhadap sampel-sampel lubang bor GT-05 adalah sebagai berikut ; Sampel AMD-10 pada litologi sandstone bersifat PAF, Sampel AMD-11 pada litologi *claystone* bersifat PAF, Sampel AMD-12 pada litologi *claystone* bersifat PAF.

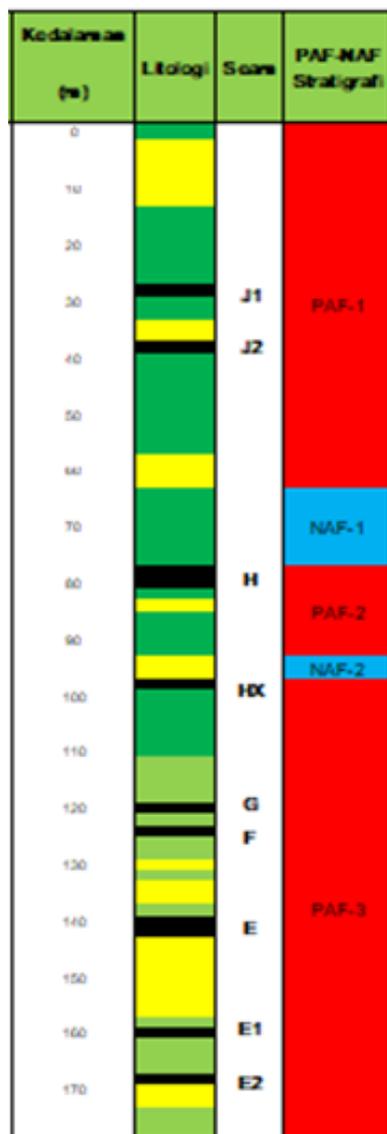
Keterangan hasil penarisan sampel-sampel batuan pada lubang bor GT-05 adalah seperti pada gambar dibawah ini.



Pengelompokan material kedalam kategori NAF dan PAF dilakukan dengan maksud untuk menentukan sifat keasamaan batuan penutup berdasarkan hasil uji lab, kesamaan litologi secara vertikal dan lateral.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka urutan perlapisan PAF dan NAF pada area Pit daerah penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)



Secara lebih rinci maka sifat-sifat material batuan penutup di area Pit daerah penelitian adalah sebagai berikut ;

- Lapisan PAF-1 berada pada zona *overburden* seam J1, zona *interburden* seam J1-J2 serta zona *Interburden* seam J2-H. Litologi-litologi yang terdapat pada material PAF 1 terdiri dari lapisan batupasir dan lapisan batulempung.
- Lapisan PAF-1 memiliki ketebalan sekitar 63 m. Lapisan NAF-1 merupakan lapisan pemisah antara lapisan PAF-1 dan lapisan PAF-2. Lapisan NAF-1 berupa litologi claystone berada pada zona *interburden* seam J2-H, serta memiliki ketebalan sekitar 14 m.
- Lapisan PAF-2 berada pada zona *interburden* dari seam H dan seam Hx, Litologi-litologi yang terdapat pada material PAF-2 terdiri dari batulempung (*Claystone*) dan batupasir (*Sandstone*). Total ketebalan lapisan PAF-2 adalah 12 m

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

- Lapisan NAF-2 merupakan lapisan pemisah antara lapisan PAF-2 dan Lapisan PAF-3, dengan jenis litologi berupa batupasir (*sandstone*). Lapisan PAF-2 memiliki ketebalan sekitar 4 m.
- Lapisan PAF-3 berada pada zona *interburden* dari seam Hx dan seam G, *interburden* seam G-F, *interburden* seam F-E, *interburden* seam E-E1, *Interburden* E1-E2 dan *underburden* seam E2. Lapisan PAF 3 memiliki ketebalan sekitar 84 m.

Berdasarkan hasil evaluasi diatas, maka material PAF dan NAF diperkirakan menerus mengikuti bentuk penyebaran dari setiap perlapisan batuan sedimen.

Penentuan jumlah prosentase material PAF dan NAF pada area kajian didasarkan pada data penyebaran material secara vertikal.

Estimasi penentuan prosentase material batuan penutup bersifat PAF dan NAF dalam penelitian ini dibatasi sampai seam E, dimana seam E merupakan seam batubara terbawah dari hasil pemboran Geokimia.

Tabel perhitungan prosentasi material PAF dan NAF batuan penutup di area Pit Daerah penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini ;

NO	LAPISAN	TEBAL (m)
1	PAF-1	64
2	NAF-1	14
3	PAF-2	16
4	NAF-2	4
5	PAF-3	82
TOTAL		180

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka didapatkan bahwa total lapisan batuan penutup di area Pit daerah penelitian adalah setebal 180 m, dimana 162 m atau sekitar 90% merupakan material bersifat PAF serta 18 m atau 10% bersifat sebagai NAF.

4. Kesimpulan

1. Beberapa tahapan pekerjaan yang dilakukan dalam kajian Geokimia meliputi pemboran *full coring*, penyampelan batuan untuk uji NAG, pengujian laboratorium, penarisan serta penentuan estimasi prosentasi material bersifat PAF dan NAF.
2. Berdasarkan tinjauan Geologi, maka formasi regional di daerah penelitian adalah berupa Formasi Tabul berumur Miosen. Adapun secara lokal, litologi penyusun di daerah penelitian terdiri dari perulangan perlapisan batulempung dan batupasir dengan sisipan batulanau dan batubara.
3. Total lubang bor yang digunakan dalam kajian ini berjumlah 4 lubang, yaitu GT-09 dan GT-04 di sisi selatan, serta GT-01 dan GT-05 di sisi Utara.
4. Metode penyampelan untuk uji NAG adalah berupa komposit dengan total sampel berjumlah 12 sampel, mewakili semua variasi batuan yaitu *claystone*, *sandstone* dan *siltstone* serta berasal dari semua zona batuan penutup dari *overburden* seam J1 sampai *underburden* seam E2.
5. Berdasarkan analisis penarisan sifat potensi keasaman batuan penutup, maka diketahui bahwa pada daerah penelitian terdapat urutan-urutan sebagai berikut :
 - Lapisan PAF-1 berada pada zona *overburden* seam J1, zona *interburden* seam J1-J2 serta zona *Interburden* seam J2-H. Litologi-litologi yang terdapat pada material PAF 1 terdiri dari lapisan batupasir dan lapisan batulempung, ketebalan sekitar 63 m.
 - Lapisan NAF-1 merupakan lapisan pemisah antara lapisan PAF-1 dan lapisan PAF-2, berada pada zona *interburden* seam J2-H, litologi *claystone*, ketebalan sekitar 14 m.
 - Lapisan PAF-2 berada pada zona *interburden* dari seam H dan seam Hx, litologi batulempung (*Claystone*) dan batupasir (*Sandstone*), total ketebalan 12 m.
 - Lapisan NAF-2 merupakan lapisan pemisah antara lapisan PAF-2 dan Lapisan PAF-3, litologi berupa batupasir (*sandstone*), ketebalan sekitar 4 m.
 - Lapisan PAF-3 berada pada zona *interburden* dari seam Hx dan seam G, *interburden* seam G-F, *interburden* seam F-E, *interburden* seam E-E1, *Interburden* E1-E2 dan *underburden* seam E2. Lapisan PAF 3 memiliki ketebalan sekitar 84 m.
6. Berdasarkan karakter keasaman dari setiap lapisan batuan tersebut, maka didapatkan bahwa material PAF memiliki prosentase **90%**, sedangkan material bersifat NAF memiliki prosentase sebesar **10%**.
7. Enkapsulasi dapat dilakukan pada material batuan penutup dengan cara memisahkan antara batuan berpotensi PAF dengan batuan berkarakter NAF, kemudian menutup material batuan berpotensi PAF dengan batuan

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

yang berkarakter NAF sehingga mencegah terjadinya proses reaksi kimia dari ketiga parameter pembentuk air asam tambang

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

Daftar Pustaka

- Darman, H., *An Outline of The Geology of Indonesia*, Jakarta, 2000.
- Ginting, J., *Pengantar Pengelolaan Air Asam Tambang*, Jakarta, 2021.
- Kepmen ESDM Nomor 1827K / 30 /MEM/2018, Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik dan Benar.
- N Suwarna dan T. Apandi, 1994, *Peta Geologi Lembar Long Iram*.
- Rudi, S, *Pengelolaan Air Asam Tambang*, 2012.
- Sukandarrumidi, *Batubara dan Gambut*, Jakarta, 1995.
- Sukandarrumidi, *Pemetaan Geologi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2014.
- Supriatna, Sukardi dan E. Rustandi, *Peta Geologi Lembar Samarinda*, 1995.
- Thomas, L., *Coal Geology*, Jhon Wiley & Sons, UK, 2013
- Yakub, A., *Buku Pegangan Tentang Kualitas Batubara*, Bandung, 2000.