

## **GEOKIMIA BATUAN PENUTUP (OVERBURDEN) BATUBARA UNTUK MEMPREDIKSI POTENSI AIR ASAM TAMBANG DI PIT 1 IUP PWR, DI DAERAH KASAI, KABUPATEN BERAU, KALIMANTAN TIMUR**

**Ahmad Helman Hamdani & Yoga Adriana Senjaya**

Laboratorium Sedimentologi, Fakultas Teknik Geologi – Universitas Padjadjaran

### **ABSTRACT**

*Geochemical studies of cap rock (overburden) on coal mining can be used as an indicator to predict the potential of acid mine drainage (AMD) not from coal itself. Coal overburden at PIT 1 IUP PWR, East Kalimantan composed by clay rocks. Geochemical measurements which is carried from overburden samples KSD11 and KSD11H; shows that the overburden-based reference SNI 6597-2011 can be categorized as rock Type 1. Plotting on curve grouping PAF / NAF based on the relationship between pH and PAN PPAN KSD11dan KSD11H site shows all samples including NAF group. Analysis of TCLP (toxicity characteristic leaching procedure) showed that low dissolved ferrous metals (0.6 g / L) while the metal content of calcium and magnesium respectively are 0.23 g / L and 0.47 g / L (Table 4.7). When the calculated total of mole equivalents, calcium and magnesium is greater than the iron dissolved, so that although the acid formed will be neutralized. Thus overburden in Likasi PIT 1 is a type of cap rock that not form acid mine drainage when exposed in water and air, so it does not require special handling to prevent the formation of acid mine drainage*

**Keywords:** laterite soil, nickel laterite deposit

### **ABSTRAK**

Penelitian geokimia batuan penutup (overburden) pada pertambangan batubara dapat digunakan sebagai indikator untuk memprediksi potensi air asam tambang (AAT) selain yang bersumber dari batubara itu sendiri. Batuan penutup batubara pada PIT 1 IUP PWR, Kalimantan Timur tersusun oleh batuan lempung. Pengukuran Geokimia yang dilakukan pada contoh batuan penutup Sumur KSD11 dan KSD11H; menunjukkan bahwa batuan penutup berdasarkan acuan SNI-6597-2011 dapat dikategorikan sebagai batuan Tipe 1. Pengeplotan pada kurva pengelompokan PAF/NAF berdasarkan hubungan antara pH PAN dan PPAN di lokasi KSD11dan KSD11H menunjukkan bahwa semua sampel termasuk kelompok NAF. Analisa TCLP (*toxicity characteristic leaching procedure*) menunjukkan logam besi terlarutnya rendah (0,6 g/L) sedangkan kadar logam kalsium dan magnesiumnya masing masing 0,23 g/L dan 0,47 g/L (Tabel 4.7). Bila diperhitungkan mol ekivalennya total kalsium dan magnesium lebih besar dari besi terlarutnya, sehingga walaupun terbentuk asam akan ternetralkan. Dengan demikian batuan penutup di likasi PIT 1 merupakan tipe batuan penutup yang tidak akan membentuk asam tambang ketika terpapar di air dan udara, sehingga tidak memerlukan penanganan khusus untuk pencegahan pembentukan asam tambang.

**Kata kunci:** Geokimia, batuan penutup, batubara, NAF, TCLP.

### **PENDAHULUAN**

Saat ini permasalahan lingkungan dalam kegiatan pertambangan sering menjadi sorotan masyarakat. Pada setiap usaha/kegiatan pertambangan, perencanaan pengelolaan lingkungan harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan eksplorasi, penambangan dan pengolahannya. Kegiatan yang tidak mempertimbangkan permasalahan lingkungan baik lingkungan fisik maupun biotik akan menghadapi masalah bahkan dapat mengeluarkan biaya yang lebih besar untuk menanggulangnya dari pada untuk

pencegahannya. Salah satu masalah yang kerap timbul dalam penambangan batubara adalah akibat penyingkirkan dan penimbunan material penutup/penghalang untuk menjangkau batubara yang mempunyai nilai komersial.

Material yang menghalangi bahan tambang dapat berupa material yang menutupi bahan tambang (*overburden*) atau material yang berada diantara lapisan bahan tambang (*interburden*). Material tersebut harus disingkirkan kemudian ditimbun ditempat penimbunan (*disposal area*) atau langsung digunakan untuk penu-

tupan kembali areal bekas tambang. Kedua material tersebut dapat mengandung mineral yang mengandung sulfida, terutama besi sulfida ( $\text{FeS}$ ) sebagai pirit, sehingga ketika terpapar di udara dan air akan menghasilkan air yang bersifat asam dari asam sulfat sebagai hasil reaksi oksidasi senyawa sulfida yang dibantu oleh aktifitas mikroba. Air yang bersifat asam juga dapat dihasilkan pada area penambangan itu sendiri sebagai akibat terpaparnya mineral sulfida di udara dan air. Air yang bersifat asam pada aktivitas pertambangan tersebut disebut air asam tambang. Keberadaan air yang bersifat asam juga dapat melarutkan senyawa ion logam berbahaya/bersifat racun seperti raksa, timbel, kadmium arsen dan lain-lain yang terkandung dalam mineral sehingga meningkatkan jumlah ion logam terlarut dalam air yang sangat berbahaya bagi kehidupan di perairan. Air asam tambang ini sangat berbahaya bagi lingkungan baik lingkungan biotik maupun abiotik.

Tingkat keasaman air tambang yang ditimbulkan dari penimbunan buangan sangat bervariasi tergantung pada jumlah dan jenis mineral yang terkandungnya serta teknik penimbunannya. Apabila dalam material tambang banyak mengandung mineral karbonat maka tingkat keasaman air lindinya lebih rendah bahkan bisa menetralkan asam yang terbentuk. Keadaan ini menyebabkan air tambang bersifat netral atau alkali dan juga menurunkan jumlah ion logam terlarut. Sifat setiap lapisan dapat mengandung mineral yang berbeda-beda terutama pada lapisan penutup sehingga teknik penimbunan sangat mempengaruhi terhadap sifat asam-basa air tambang yang dihasilkan. Teknik penimbunan yang salah dapat menyebabkan air tambang yang dilepaskan sangat bersifat asam sehingga menimbulkan masalah lingkungan yang tidak dikehendaki.

Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan penelitian geokimia batuan penutup untuk memprediksi potensi

pembentukan air asam tambang yang dapat ditimbulkan oleh setiap lapisan penutup batuan (*overburden*) batubara pada lokasi rencana penambangan batubara. Hasil prediksi air asam tambang ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam desain penambangan dan upaya pengelolaan lingkungan untuk meminimisasi dampak lingkungan yang tidak diinginkan.

Tujuan penelitian geokimia batuan penutup untuk mempredik potensi pembentukan air asam tambang ini meliputi:

1. Prediksi potensi pembentukan air asam tambang pada setiap lapisan pada lokasi rencana penambangan
2. Penentuan potensi pembentukan air asam tambang di lokasi rencana penambangan.

Hasil penelitian potensi pembentukan air asam tambang ini dapat digunakan untuk:

- 1) menghitung penambahan alkali pada pengelolaannya.
- 2) menentukan distribusi zona piritik yang mungkin memerlukan penanganan khusus,
- 3) mengidentifikasi zona alkali yang dapat digunakan dalam rencana penambangan untuk mencegah air asam tambang, dan
- 4) menentukan kelayakan pertambangan, termasuk memprakirakan dampak lingkungan yang potensial

Selain itu juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk:

- 1) menunjukkan bahwa penambangan yang diusulkan dapat dicapai tanpa menyebabkan pencemaran air permukaan atau tanah;
- 2) menilai kemungkinan dampak kumulatif pertambangan terhadap keseimbangan hidrologi, dan
- 3) membantu dalam desain rencana penambangan dan reklamasi untuk mencegah atau meminimalkan kerusakan pada keseimbangan hidrologi di dalam dan luar wilayah penambangan.

Lokasi penelitian dilakukan pada rencana PIT 1 di daerah pertambangan batubara IUP PT. PWR di daerah Kasai dan sekitarnya, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur (Gambar.1)

## TINJAUAN PUSTAKA

### Geologi Daerah Penelitian

Menurut Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb (Situmorang, Burhan, 1992) wilayah IUP PT. Patriot Wira-perkasa hampir seluruhnya merupakan daerah sebaran Formasi Sajau (TQps) yang berumur Plio-Plistosen, dan hanya terbatas di daerah pesisir pantai, terutama daerah aliran S. Mangkupati, S. Pidada, S. Bakau, S. Kelaputan, S. Pimping, S. Birang, S. Kuning yang kesemuanya bermuara di laut yang merupakan sebaran Alluvium (Qa).

Berdasarkan hasil penyelidikan di lapangan hanya terdapat dua satuan batuan yaitu :

- Satuan Batupasir; (TQPS) berupa perselingan batuan konglomerat, batulempung, batulanau, batupasir dengan sisipan batubara yang menurut Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb termasuk dalam Formasi Sajau (TQps) yang berumur Plio-Plistosen.
- Satuan Aluvium (Qa) yang terdiri dari lempung / tanah, pasir, kerikil-kerakalan; menurut Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb termasuk dalam endapan Alluvium (Qa) yang berumur Holosen.

Satuan batuan yang termasuk dalam Formasi Sajau tersebut menempati sekitar 85% dari seluruh daerah penyelidikan sedangkan endapan alluvium menempati sekitar 15 % (Gambar 2)

### Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi daerah penyelidikan berdasarkan pengamatan terhadap hasil pemboran; dapat dikelompokkan ke dalam tiga unit stratigrafi (Gambar 3), sebagai berikut :

- Stratigrafi Bagian Bawah dari formasi pembawa batubara ini didominasi oleh batulempung abu-abu dengan sisipan batubara multiple seam dengan ketebalan yang bervariasi, berwarna coklat kehitaman, gores coklat, kusam, banded, agak lunak kadang dijumpai pengotor damar dan struktur kayu masih terlihat.
- Stratigrafi Bagian Tengah dari formasi ini juga didominasi oleh batulempung, warna abu-abu, masif, kadang terdapat material karbonan berupa pita-pita batubara. Lapisan batubara, warna coklat kehitaman, gores coklat, banded, setempat dijumpai pengotor damar, agak lunak, struktur kayu masih terlihat, dengan ketebalan bervariasi antara 0,50 m – 9,50 m. Batupasir, warna putih kekuningan, sedang – kasar, sub rounded – rounded, terdiri dari kuarsa, masif, dengan sisipan batupasir konglomeratan berbutir sedang, sub rounde – rounded, dengan fragmen kwarsit, rijang, batuan beku.

### Pengertian Air Asam Tambang

Air asam tambang – AAT (*acid mine drainage* - AMD) atau juga disebut sebagai *air asam batuan* – AAB (*acid rock drainage* - ARD) adalah air yang bersifat asam (tingkat keasaman yang tinggi dan sering ditandai dengan nilai pH yang rendah di bawah 5) sebagai hasil dari oksidasi mineral sulfida yang terpapar (*exposed*) di udara dengan kehadiran air. Istilah lain yang sering digunakan adalah Drainase Asam dan Logam (DAL) atau *Acid and Metalliferous Drainage* (AMD). Istilah DAL digunakan mengingat bahwa tidak semua drainase yang bermasalah terkait dengan oksidasi sulfida bersifat masam. Di beberapa lokasi, drainase yang bersifat hampir-netral namun mengandung logam dapat sama sulitnya untuk dikelola seperti halnya air masam. Ada beberapa lokasi di mana pembentukan asam dapat di-

netralkan oleh kelompok mineral alami, yang secara efektif mengeluarkan logam-logam beracun dari air, namun meninggalkan cairan lindi (*leachate*) yang kandungan garam-garamnya tinggi (*highly saline*).

Air yang bermasalah dengan adanya asam dan logam dapat ditunjukkan oleh satu atau beberapa karakteristik kimia sebagai berikut:

1. pH rendah (nilainya berkisar antara 1,5 hingga 4)
2. konsentrasi logam dapat larut yang tinggi (seperti besi, aluminium, mangan, kadmium, tembaga, timah, seng, arsenik dan merkuri)
3. nilai kemasaman yang meningkat (seperti misalnya setara 50-15.000 mg/L  $\text{CaCO}_3$ )
4. salinitas (sulfat) yang tinggi (konsentrasi sulfat umumnya antara 500–10.000 mg/L; salinitas umumnya antara 1000–20.000  $\mu\text{S/cm}$ )
5. konsentrasi yang rendah dari oksigen terlarut (seperti kurang dari 6 mg/L)
6. tingkat kekeruhan (turbiditas) atau total padatan tersuspensi yang rendah (dikombinasikan dengan satu atau lebih karakteristik di atas).

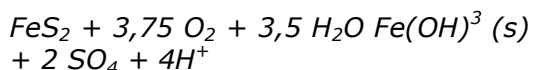
Indikator-indikator utama kehadiran DAL termasuk:

1. air berwarna merah atau jernih tidak alami
2. endapan-endapan oksida besi oranye-coklat pada saluran-saluran drainase
3. matinya ikan atau organisme-organisme air lainnya
4. terbentuknya lapisan endapan pada lokasi pencampuran DAL dan badan penerima, atau pada pertemuan-pertemuan aliran
5. produktivitas yang buruk pada areal-areal yang terganggu (seperti lokasi penimbunan batuan sisa tambang)
6. vegetasi yang mengalami mati ranting (*dieback*) atau tanah-tanah seperti bekas terbakar
7. korosi pada struktur beton atau baja.

Tidak semua mineral sulfida menghasilkan asam selama oksidasi, namun sebagian besar memiliki kapasitas untuk melepaskan logam bila terpapar air yang masam. Mineral-mineral sulfida yang mudah teroksidasi merupakan mineral penghasil asam yang paling umum, mineral tersebut diantaranya pirit ( $\text{FeS}_2$ ), pirhotit ( $\text{FeS}$ ), markasit ( $\text{FeS}_2$ ), kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), molybdenite ( $\text{MoS}_2$ ), arsenopirit ( $\text{FeAsS}$ ) dan lain-lain. Dari semua mineral sulfida, pirit diketahui sangat reaktif dalam proses pembentukan AAT (molar metal/sulfur ratio  $< 1$ ). Kondisi sulfida-sulfida reaktif terpapar ke udara dan air secara terus-menerus terjadi antara lain pada timbunan batuan sisa (*waste rocks*), timbunan bijih tambang (*ores*), fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing, lubang-lubang tambang (*pits*), tambang-tambang bawah tanah, timbunan-timbunan pelindian bijih tambang (*heap and dump leach*).

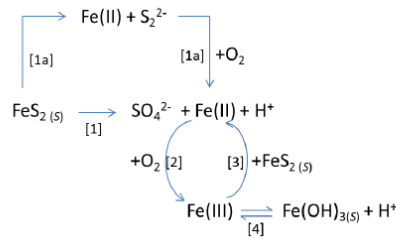
### Pembentukan Air Asam Tambang

Pembentukan asam ( $\text{H}^+$ ) umumnya terjadi bila mineral-mineral besi sulfida bereaksi dengan oksigen (baik dari udara maupun yang terlarut dalam air) serta adanya air yang melarutkannya. Proses ini dapat dikatalisis dengan kuat oleh aktivitas bakteri. Oksidasi sulfida menghasilkan asam sulfat dan endapan (*precipitate*) berwarna oranye, feri hidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ), seperti yang dirangkum dalam Reaksi 1. Lihat Skema reaksi pembentukan asam ( $\text{H}^+$ )

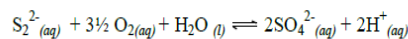
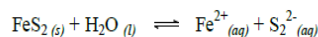
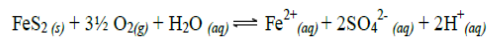


Reaksi pembentukan asam dari pirit tersebut melalui dua proses utama yaitu:

1. Oksidasi sulfida ( $\text{S}_2^{2-}$ ) menjadi sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )
2. Oksidasi besi ferus ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi besi ferik ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan selanjutnya pengendapan dari ferik hidroksida.

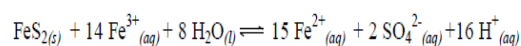


1. Reaksi pertama merupakan reaksi pelapukan pirit yang disertai reaksi oksidasi. Sulfur dioksidasi menjadi sulfat dan dilepaskan besi(II). Reaksi tahap pertama ini juga dapat terjadi melalui proses pelarutan (ionisasi) pirit lebih dulu seperti pada reaksi 1a kemudian dengan adanya oksigen terjadi reaksi oksidasi sulfur menjadi sulfat. Hal ini terjadi bila mineral sulfida berada dalam air dan reaksi ini berjalan lambat karena kelarutan oksigen dalam air relatif rendah.

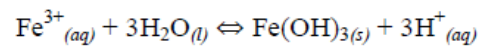


2. Reaksi kedua melibatkan reaksi oksidasi besi(II) yang terlarut menjadi besi(III) dalam kondisi asam, dalam hal ini untuk setiap satu mol besi menyerap satu mol ion hidronium ( $H^+$ ). Reaksi tersebut berjalan lambat pada  $pH < 5$  dan kondisi abiotik. Kehadiran bakteri *acidithiobacillus ferrooxidans* dapat mempercepat reaksi 5-6 kali.

3. Reaksi ketiga merupakan oksidasi pirit lanjutan oleh besi(III) terlarut sehingga terbentuk kembali besi(II) dan ion sulfat, reaksi terjadi pada kondisi dimana terdapat jumlah besi (III) terlarut yang cukup (kondisi asam). Reaksi ketiga ini lebih cepat 2-3 kali dibandingkan dengan oksidasi pirit oleh oksigen dan menghasilkan keasaman yang lebih banyak per mol piritnya.



4. Reaksi keempat merupakan reaksi pembentukan endapan besi(III) hidroksida melalui reaksi hidrolisis. Pembentukan endapan besi(III) hidroksida tergantung pH, yaitu lebih banyak pada pH di atas 3,5



Berdasarkan reaksi tersebut, keberadaan asam dalam air bukan hanya disebabkan oleh oksidasi sulfida. Begitu sulfida teroksidasi menjadi sulfat, sulit untuk menghindari terjadinya oksidasi besi(II) yang larut dalam air (aqueous) menjadi besi(III), yang diikuti dengan pengendapan besi(III) hidroksida. Tahap pengendapan (presipitasi) ini adalah tahap yang menghasilkan asam yang disebabkan oleh besi(II) pada pirit. Selain itu interaksi antara besi(III) ( $\text{Fe}^{3+}$ ) terlarut dengan mineral-mineral besi sulfida yang segar dapat juga menyebabkan peningkatan proses pembentukan asam yang signifikan.

## METODE PENELITIAN

## Sampling

Pengambilan sampel mengikuti pengeboran untuk sampling geoteknik atau eksplorasi dengan stratifikasi sekitar 3m dengan memperhatikan litologi batuananya. Sampel yang diambil secara komposit/grab dengan ukuran sekitar 30 cm (1-2kg) dan dimasukkan dalam wadah kedap udara yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dipreparasi dan diuji.

## Uji Laboratorium

### Neraca Asam-Basa

Neraca asam-basa (ABA) sering digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan antara proses-proses pembentukan asam (oksidasi mineral-mineral sulfida) dan proses penetralan asam (pelarutan karbonat-karbonat alkalin, perpindahan basa-basa yang

dapat dipertukarkan dan pelapukan silikat-silikat). Ini melibatkan penentuan *maximum potential acidity* (MPA) atau potensi kemasaman maksimum (PKM) dan *acid-neutralising capacity* (ANC) atau kapasitas penetral asam (KPA).

Parameter PKM biasanya merupakan estimasi sulfur pirit dari kadungan sulfur total menggunakan menggunakan faktor 30,6 ( $PKM = \%S \times 30,6$ ). Penggunaan sulfur total merupakan pendekatan yang konservatif karena beberapa sulfur mungkin berada dalam bentuk-bentuk selain pirit. Mineral sulfat (gypsum, anhidrit, alunit) dan sulfur sebagai unsur adalah bentuk sulfur bukan pembentuk asam. Beberapa sulfida-sulfida logam lainnya (seperti kovelit, kalkosit, sfalerit dan galena) yang menghasilkan kemasaman lebih kecil dari pirit atau, dalam beberapa kasus, bukan-pembentukasam.

Kapasitas penetral asam (KPA) biasanya ditentukan dengan penambahan asam klorida ke suatu sampel (contoh), kemudian dititrasi balik dengan natrium hidroksida untuk menentukan jumlah asam yang dikonsumsi. Parameter KPA digunakan untuk mengukur kapasitas suatu sampel dalam menetralkan asam. Seperti MPA, penentuan KPA tidak tepat dan rentan terhadap potensi intervensi dan mungkin tidak mewakili KPA yang benar-benar tersedia untuk menetralkan air asam tambang. Karbonat-karbonat yang mengandung besi seperti siderit, ankerit dan dolomit ferroan berpotensi menimbulkan kekhawatiran kesalahan dalam penentuan KPA.

Potensi Produksi Asam Neto (PPAN) dan rasio KPA/PKM dihitung berdasarkan pengukuran ABA. PPAN adalah ukuran kualitatif dari perbedaan antara kapasitas sampel untuk membentuk asam (PKM) dan kapasitasnya untuk menetralkan asam (KPA). PPAN, MPA dan ANC dinyatakan dalam satuan kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton batuan dan NAPP dihitung dengan persamaan :  $PPAN = PKM - KPA$

Jika PKM kurang dari KPA maka PPAN negatif, mengindikasikan bahwa sampel mungkin memiliki KPA yang memadai untuk mencegah pembentukan asam. Sebaliknya, jika PKM lebih dari KPA maka PPAN positif, mengindikasikan bahwa bahan mungkin pembentuk asam.

Rasio KPA/PKM menunjukkan suatu indikasi aman atau tidaknya satu bahan. Berbagai nilai rasio KPA/PKM direferensikan didalam literatur untuk mengindikasikan nilai-nilai yang aman bagi pencegahan pembentukan asam. Nilai-nilai ini umumnya antara 1,5 hingga 3. Sebagai satu aturan umum, rasio KPA/PKM bernilai 2 atau lebih menandakan bahwa kemungkinan besar bahan tersebut akan tetap berkadar pH mendekati netral dan tidak menimbulkan masalah air asam tambang.

#### *Uji Pembentukan Asam Neto (PAN)*

Uji PAN digunakan bersama-sama dengan PPAN untuk menggolongkan potensi pembentukan asam dari suatu sampel. Uji PAN melibatkan reaksi suatu sampel dengan hidrogen peroksida untuk dengan cepat mengoksidasi setiap mineral-mineral sulfida. Baik pembentukan maupun penetralan asam terjadi secara bersamaan dan hasilnya mewakili satu pengukuran langsung asam yang dihasilkan. Nilai pH setelah reaksi (pH PAN) kurang dari 4,5 mengindikasikan bahwa sampel tersebut adalah pembentuk asam neto. Jumlah asam ditentukan oleh titrasi dan dinyatakan dalam satuan yang sama seperti PPAN (kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton).

#### *Klasifikasi*

Secara individual, uji-uji PPAN dan PAN memiliki keterbatasan-keterbatasan, namun bila dikombinasikan keandalannya untuk memprediksi AAT akan meningkat besar. Risiko salah menggolongkan bahan Bukan Pembentuk Asam (NAF) sebagai Pembentuk Asam Potensial (PAF), dan bahan PAF sebagai NAF, secara nyata berkurang dengan menggunakan se-

kaligus uji PPAN dan PAN. Penghitungan PPAN dapat dibandingkan dengan hasil-hasil uji PAN untuk menggolongkan sampel. Kriteria klasifikasi yang umum untuk jenis-jenis bahan geokimia utama berdasarkan data uji PPAN dan PAN yang mengacu pada SNI-6597-2011 pada Tabel 1. Acuan lain dalam klasifikasi geokimia bahan tercantum dalam *Managing Acid and Metalliferous Drainage Handbook* seperti tercantum pada Tabel 2.

#### *Uji pelarutan logam*

Keberadaan air asam tambang juga dapat melarutkan senyawa ion logam berbahaya/bersifat racun seperti raksa, timbel, kadmium arsen dan lain-lain yang terkandung dalam mineral sehingga meningkatkan jumlah ion logam terlarut dalam air. Pelarutan ion logam tersebut sangat berbahaya bagi kehidupan di perairan. Uji pelarutan logam ini menggunakan metode TCLP (*toxicity characteristic leaching procedure*). TCLP ini dirancang untuk menentukan mobilitas analit baik organik dan anorganik hadir dalam limbah cair, padat, dan multifase. Padatan dengan ukuran kurang dari 1 cm diekstraksi dengan jumlah cairan pengekstraksi sama dengan 20 kali berat dari fase padat. Cairan ekstraksi yang digunakan adalah fungsi dari alkalinitas dari sampel.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Lokasi pengambilan contoh AAT dilakukan di 2 lokasi titik pengambilan sampel yang meliputi KSD11H, KSD11H2,. Data kedalaman pengeboran dan pengambilan sampel untuk setiap lokasi sampling tercantum pada Tabel 3.

Sampel yang diambil dari lapangan kemudian dikelompokkan sesuai dengan litologi dan ketebalannya. Litologi berupa batubara, karbonan dan *coaly* diasumsikan sebagai material yang berpotensi

menghasilkan air asam tambang sehingga tidak lagi diambil sebagai sampel. Kedalaman pengeboran dan litologi di setiap lokasi tidak sama maka jumlah sampel dari setiap lokasi tidak sama, seperti tercantum pada Tabel 4.1.

Sampel yang telah dikelompokkan kemudian dianalisis melalui penentuan pH pasta, pH PAN, PAN, dan PPAN. Secara umum penggolongan batuan sebagai PAF dan NAP dilakukan berdasarkan kurva hubungan pH PAN dan PPAN. Metode penggolongan mengacu pada SNI-6597-2011 dengan ketentuan seperti tercantum pada Tabel 3.1.

#### **Lokasi KSD11H**

Lokasi pengeboran di kawasan rencana pembukaan tambang PIT 1 terdiri dari dua titik sampling yaitu KSD11H dan KSD11H2. Jumlah sampel dari lokasi KSD11H yang dianalisis di laboratorium sebanyak 13 sampel sampai kedalaman 30 m sedangkan di lokasi KSDH2 sebanyak 10 sampel sampai kedalaman 29 m. Lapisan batubara masing-masing berada pada kedalaman 19,75 s.d 26,20 m dan 21 s.d. 25,8 m. Sampel kemudian dianalisis melalui penentuan pH paste, pH PAN, PAN, dan PPAN. Data hasil analisis potensi AAT di lokasi KSD11H dan KSD11H2 masing-masing tertera pada Tabel 4.dan 5.

Secara umum penggolongan berdasarkan hasil penentuan pH PAN dan PPAN di lokasi KSD11H dan KSD11H2 masing-masing tertera pada gambar yang menunjukkan semua sampel termasuk kelompok NAF. Sedangkan penggolongan yang mengacu pada SNI-6597-2011 dengan ketentuan seperti tercantum pada Tabel 3.1. Hasil penggolongan yang mengacu SNI tersebut semua sampel menunjukkan batuan Tipe 1, baik di lokasi KSD11H maupun KSD11H2 (Tabel 6, dan Tabel 7).

Seperti telah diuraikan di atas, di lokasi KSD11H dan KSD11H2 me-

nunjukkan batuan lapisan penutup termasuk batuan Tipe 1. Tipe 1 merupakan tipe batuan yang tidak akan membentuk asam tambang ketika terpapar di air dan udara (oksigen). Hal tersebut juga ditunjang oleh rasio KPA/PKM pada Tipe 1 ini nilainya jauh lebih besar dari 2 (Gambar 6 dan Gambar 7). Rasio KPA/KPM yang besar menandakan kandungan material/batuan yang berpotensi untuk menetralkan asam sangat tinggi sehingga bahan tersebut akan tetap berkadar pH mendekati netral dan tidak menimbulkan masalah air asam tambang. Selain hal tersebut juga ditunjang dengan hasil analisis pelarutan logam (sampel dari lokasi KSD11H2) melalui metode TCLP menunjukkan logam besi terlarutnya rendah (0,6 g/L) sedangkan kadar logam kalsium dan magnesiumnya masing masing 0,23 g/L dan 0,47 g/L (Tabel 8). Bila diperhitungkan mol ekivalennya total kalsium dan magnesium lebih besar dari besi terlarutnya, sehingga walaupun terbentuk asam akan ternetralkan. Dengan demikian batuan ini akan aman selama proses penambangan dan tidak perlu penanganan khusus untuk pencegahan pembentukan asam tambang.

Berdasarkan hasil analisis potensi asam dan litologi, seperti telah diuraikan di atas, kemudian dilakukan pengelompokan mana yang termasuk batuan berpotensi pembentuk air asam tambang (PAF) dan mana yang termasuk tidak berpotensi pembentuk asam tambang (NAF). Pengelompokan batuan tidak hanya berdasarkan hasil analisis laboratorium saja tetapi juga dengan memperhatikan keberadaan batubara, coaly dan karbonan yang dikelompokkan sebagai PAF. Hasil pengelompokan menunjukkan semua lapisan batuan yang bukan batubara termasuk NAF (Tabel 9). Sedangkan lapisan batubara berada pada kedalaman sekitar 20 m dengan demikian lapisan penutup yang harus disingkirkan setebal 20 m. Perhitungan ini hanya untuk hasil

pengukuran pada *core bore* di KSD11H dan KSD11H2 saja, tidak dapat digunakan untuk memprediksi secara keseluruhan lokasi yang akan di tambang. Untuk menentukan volume yang harus disingkirkan untuk setiap kelompok perlu analisis dengan jumlah lubang bor yang lebih banyak dengan memperhitungkan kontur dari lokasi yang akan ditambang secara keseluruhan. Hal ini perlu dilakukan untuk menentukan luas areal yang diperlukan untuk penyimpanan masing-masing kelompok NAF dan PAF. Secara ringkas pengelompokan dan uraian singkatnya dicantumkan pada Gambar 8 dan 9

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian geokimia batuan penutup (overburden) pada pertambangan batubara pada PIT 1 IUP PWR, Kalimantan Timur; maka dapat eberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Batuan penutup batubara di Sumur KSD11 dan KSD11H tersusun oleh batuan lempung.
- 2) Batuan penutup batubara di sumur KSD11 dan KSD11H berdasarkan acuan SNI-6597-2011 dapat dikategorikan sebagai batuan Tipe 1.
- 3) Pengeplotan rasio pH PAN dan PPAN pada kurva pengelompokan PAF/NAF di lokasi KSD11 dan KSD11H menunjukkan semua sampel termasuk kelompok NAF.
- 4) Analisa TCLP (*toxicity characteristic leaching procedure* ) menunjukkan logam besi terlarutnya rendah (0,6 g/L) sedangkan kadar logam kalsium dan magnesiumnya masing masing 0,23 g/L dan 0,47 g/L (Tabel 4.7). Bila diperhitungkan mol ekivalennya total kalsium dan magnesium lebih besar dari besi terlarutnya, sehingga walaupun terbentuk asam akan ternetralkan.
- 5) Dengan demikian batuan penutup di lokasi PIT 1 mempunyai lapisan batuan yang tidak berpotensi

terbentuknya air asam tambang (NAF, Tipe 1) ketika terpapar di air dan udara, sehingga akan aman selama penambangan dan penyingkiran lapisan penutup (overburden).

## DAFTAR PUSTAKA

- Coal Mine Drainage Prediction and Pollution Prevention in Pennsylvania.  
<http://www.dep.state.pa.us/dep/deputate/minres/districts/cmdp/main.htm>,
- Delmar Mining., 2005, *Laporan Eksplorasi Batubara Kones PKP2B PT. Delmar Mining, Di Kabupaten Bulungan, Kalimantan Timur* (tidak dipublikasikan)
- Situmorang, R.L., and Burhan, G., 1995a. *Geological Map of the Tanjungredeb Quadrangle, Kalimantan, scale 1:250.000*. Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Managing Acid and Metalliferous Drainage Handbook*. Leading Practice Sustainable Development Program, Australian Department of Industry, Tourism & Resources and Minerals Council of Australia, February 2007.
- SNI 6597: 2011: uji statik pengidentifikasian sumber air asam tambang
- SNI 7742:2011: Pengelolaan air asam tambang

Tabel 1. Penggolongan tipe batuan mengacu kepada SNI-6597-2011

| Golongan | Tipe Batuan          | pH PAN     | PAN      | PPAN      | PH batuan |
|----------|----------------------|------------|----------|-----------|-----------|
| Tipe 1   | NAF                  | $\geq 4,5$ |          | $< 0$     |           |
| Tipe 2   | PAF Kapasitas Rendah | $< 4,5$    | $< 5$    | 0-10      |           |
| Tipe 3   | PAF Kapasitas Sedang | $< 4,5$    | $\geq 5$ | $\geq 10$ |           |
| Tipe 4   | PAF Kapasitas Tinggi | $< 4,5$    | $\geq 5$ | $\geq 10$ | $< 4,5$   |

Tabel 2. Kriteria klasifikasi geokimia berdasarkan data uji PPAN dan PAN

| Kriteria Bahan Geokimia                            | PPAN (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t) | pH PAN     |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|
| Pembentuk Asam Potensial (PAF)                     | $> 10^*$                                    | $< 4.5$    |
| Pembentuk Asam Potensial-Kapasitas Rendah (PAF-LC) | 0 hingga $10^*$                             | $< 4.5$    |
| Pembentuk Non Asam (NAF)                           | Negatif                                     | $\geq 4.5$ |
| Penetrasi Asam (ACM)                               | kurang dari -100                            | $\geq 4.5$ |
| Tidak pasti#                                       | Positif                                     | $\geq 4.5$ |
|                                                    | Negatif                                     | $< 4.5$    |

# Diperlukan pengujian lebih lanjut untuk mengkonfirmasi klasifikasi bahan

Tabel 3. Lokasi dan Jumlah Pengambilan Sampel Potensi AAT

| Lokasi  | Kedalaman Pemboran (m) | Kedalaman Batubara (m) | Tebal (m) | Jumlah Sampel | Kedalaman (m) | Analisa AAT | Kedalaman (m) |
|---------|------------------------|------------------------|-----------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| KSD11H  | 30                     | 19,75                  | 6,45      | 58            | 30            | 13          | 30            |
| KSD11H2 | 40                     | 21                     | 4,8       | 48            | 29            | 10          | 29            |

Tabel 4. Hasil analisa geokimia potensi AAT Sumur KSD11H

| Sampel |        |         |         | Hasil Analisis |        |     |      |      |       |
|--------|--------|---------|---------|----------------|--------|-----|------|------|-------|
| Kode   | Atas/m | Bawah/m | Jarak/m | pH pasta       | pH PAN | PAN | PKM  | KPA  | PPAN  |
| H0-01  | 0,0    | 1,00    | 1,00    | 5,06           | 6,19   | -   | 0,47 | 4,11 | -3,64 |
| H0-02  | 1,00   | 2,00    | 1,00    | 4,96           | 6,19   | -   | 1,57 | 7,73 | -6,16 |
| H0-03  | 2,00   | 4,00    | 2,00    | 4,57           | 6,09   | -   | 0,20 | 5,32 | -5,12 |
| H0-04  | 4,00   | 6,00    | 2,00    | 4,45           | 6,14   | -   | 0,26 | 5,80 | -5,54 |
| H0-05  | 6,00   | 9,00    | 3,00    | 4,47           | 6,07   | -   | 0,33 | 6,04 | -5,71 |
| H0-06  | 9,00   | 12,00   | 3,00    | 4,18           | 6,01   | -   | 0,36 | 4,83 | -4,48 |
| H0-07  | 12,00  | 14,00   | 2,00    | 3,83           | 6,25   | -   | 0,58 | 4,35 | -3,77 |
| H0-08  | 14,00  | 16,00   | 2,00    | 3,68           | 6,48   | -   | 1,17 | 5,44 | -4,26 |
| H0-09  | 16,00  | 18,00   | 2,00    | 3,75           | 6,52   | -   | 0,44 | 4,47 | -4,03 |
| H0-10  | 18,00  | 19,00   | 1,00    | 3,97           | 6,62   | -   | 0,52 | 3,87 | -3,34 |
| H0-11  | 19,00  | 19,75   | 0,75    | 3,86           | 7,17   | -   | 0,34 | 3,87 | -3,53 |
| H0-15  | 26,20  | 27,70   | 1,50    | 3,99           | 7,17   | -   | 0,23 | 5,07 | -4,85 |
| H0-16  | 27,70  | 30,00   | 2,30    | 4,56           | 6,85   | -   | 0,32 | 5,20 | -4,87 |

Keterangan: - tidak dianalisis, pH PAN >4,5

PAN= potensi asam neto, kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton;

PKM=potensi keasaman maksimum, kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton;

KPA=kapasitas penetralan asam, kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton;

PPAN=nilai potensi produksi asam, kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton

Lokasi:

| Lubang bor | Koordinat          |
|------------|--------------------|
| KSD 11 H   | E 251337; N 597720 |

Tabel 5. Hasil analisa geokimia potensi AAT Sumur KSD11H2

| Sampel |        |         |         | Hasil analisis |        |     |      |      |       |
|--------|--------|---------|---------|----------------|--------|-----|------|------|-------|
| Kode   | Atas/m | Bawah/m | Tebal/m | pH pasta       | pH PAN | PAN | PKM  | KPA  | PPAN  |
| H2-01  | 0,0    | 2,0     | 2,0     | 4,91           | 6,18   | -   | 0,30 | 4,59 | -4,29 |
| H2-02  | 2,0    | 4,0     | 2,0     | 4,51           | 6,13   | -   | 0,19 | 4,35 | -4,16 |
| H2-03  | 4,0    | 6,5     | 2,5     | 4,59           | 6,21   | -   | 0,39 | 6,04 | -5,65 |
| H2-04  | 6,5    | 9,0     | 2,5     | 4,58           | 6,15   | -   | 0,22 | 7,97 | -7,75 |
| H2-05  | 9,0    | 10,0    | 1,0     | 4,59           | 6,18   | -   | 0,22 | 7,49 | -7,27 |
| H2-06  | 10,0   | 12,0    | 2,0     | 4,43           | 6,18   | -   | 0,24 | 5,08 | -4,83 |
| H2-07  | 12,0   | 15,0    | 3,0     | 4,72           | 5,84   | -   | 0,32 | 4,35 | -4,02 |
| H2-08  | 15,0   | 18,0    | 3,0     | 4,59           | 6,04   | -   | 0,32 | 3,74 | -3,42 |
| H2-09  | 18,0   | 21,0    | 3,0     | 4,57           | 6,16   | -   | 0,23 | 4,83 | -4,60 |
| H2-12  | 25,8   | 29,0    | 3,2     | 3,82           | 7,86   | -   | 0,26 | 4,83 | -4,57 |

Keterangan: - tidak dianalisis, pH PAN >4,5

PAN= potensi asam neto, kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton;

PKM=potensi keasaman maksimum, kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton;

KPA=kapasitas penetralan asam, kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton;

PPAN=nilai potensi produksi asam, kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton

Lokasi:

| Lubang bor | Koordinat          |
|------------|--------------------|
| KSD 11 H2  | E 251373; N 597715 |

Tabel 6. Pengelompokan Geokimia Material Penutup di Sumur KSD11H

| Kode  | pH pasta | pH PAN | PAN | PKM  | KPA  | PPAN  | Tipe   |
|-------|----------|--------|-----|------|------|-------|--------|
| H0-01 | 5,06     | 6,19   | -   | 0,47 | 4,11 | -3,64 | Tipe 1 |
| H0-02 | 4,96     | 6,19   | -   | 1,57 | 7,73 | -6,16 | Tipe 1 |
| H0-03 | 4,57     | 6,09   | -   | 0,20 | 5,32 | -5,12 | Tipe 1 |
| H0-04 | 4,45     | 6,14   | -   | 0,26 | 5,80 | -5,54 | Tipe 1 |
| H0-05 | 4,47     | 6,07   | -   | 0,33 | 6,04 | -5,71 | Tipe 1 |
| H0-06 | 4,18     | 6,01   | -   | 0,36 | 4,83 | -4,48 | Tipe 1 |
| H0-07 | 3,83     | 6,25   | -   | 0,58 | 4,35 | -3,77 | Tipe 1 |
| H0-08 | 3,68     | 6,48   | -   | 1,17 | 5,44 | -4,26 | Tipe 1 |
| H0-09 | 3,75     | 6,52   | -   | 0,44 | 4,47 | -4,03 | Tipe 1 |
| H0-10 | 3,97     | 6,62   | -   | 0,52 | 3,87 | -3,34 | Tipe 1 |
| H0-11 | 3,86     | 7,17   | -   | 0,34 | 3,87 | -3,53 | Tipe 1 |
| H0-15 | 3,99     | 7,17   | -   | 0,23 | 5,07 | -4,85 | Tipe 1 |
| H0-16 | 4,56     | 6,85   | -   | 0,32 | 5,20 | -4,87 | Tipe 1 |

Tabel 7. Pengelompokan Geokimia Material Penutup di Sumur KSD11H

| Kode  | pH pasta | pH PAN | PAN | PKM  | KPA  | PPAN  | Tipe   |
|-------|----------|--------|-----|------|------|-------|--------|
| H2-01 | 4,91     | 6,18   | -   | 0,30 | 4,59 | -4,29 | Tipe 1 |
| H2-02 | 4,51     | 6,13   | -   | 0,19 | 4,35 | -4,16 | Tipe 1 |
| H2-03 | 4,59     | 6,21   | -   | 0,39 | 6,04 | -5,65 | Tipe 1 |
| H2-04 | 4,58     | 6,15   | -   | 0,22 | 7,97 | -7,75 | Tipe 1 |
| H2-05 | 4,59     | 6,18   | -   | 0,22 | 7,49 | -7,27 | Tipe 1 |
| H2-06 | 4,43     | 6,18   | -   | 0,24 | 5,08 | -4,83 | Tipe 1 |
| H2-07 | 4,72     | 5,84   | -   | 0,32 | 4,35 | -4,02 | Tipe 1 |
| H2-08 | 4,59     | 6,04   | -   | 0,32 | 3,74 | -3,42 | Tipe 1 |
| H2-09 | 4,57     | 6,16   | -   | 0,23 | 4,83 | -4,60 | Tipe 1 |
| H2-12 | 3,82     | 7,86   | -   | 0,26 | 4,83 | -4,57 | Tipe 1 |

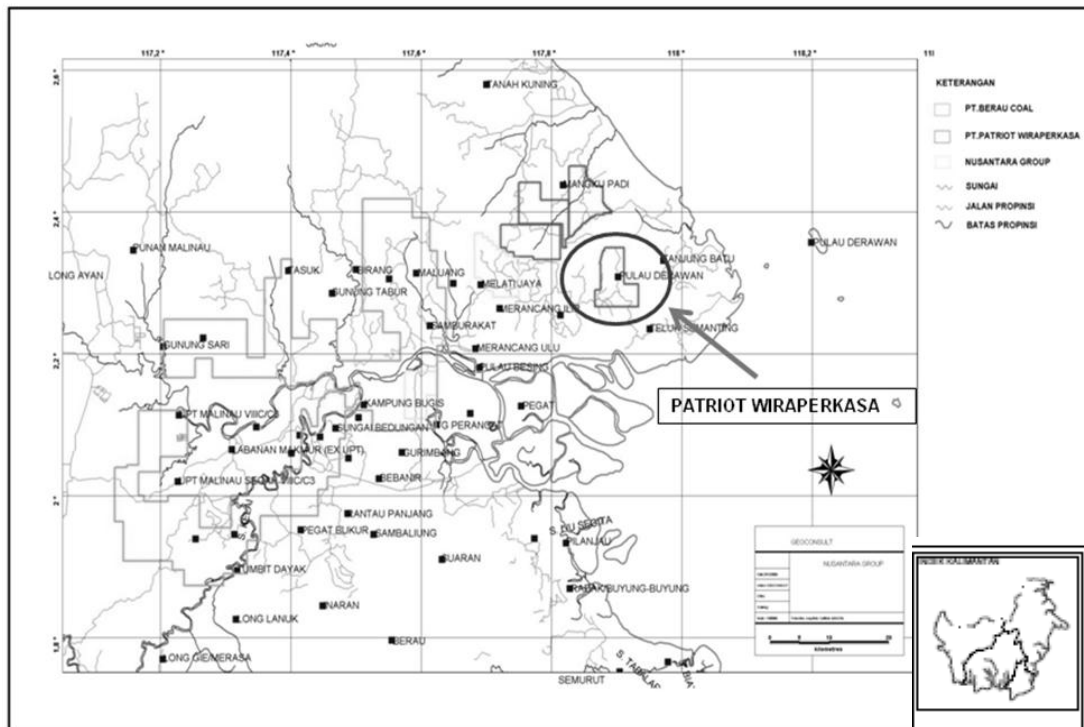
Tabel 8. Hasil Analisis Pelarutan Logan Dengan Metoda TCLP

| No. | sampel       | Hasil Analisis TCLP/(mg/L) |      |      |      |       |       |
|-----|--------------|----------------------------|------|------|------|-------|-------|
|     |              | Cu                         | Zn   | Mg   | Ca   | Fe    | Mn    |
| 1   | H2 01-09     | <0,01                      | 0,11 | 0,47 | 0,23 | 0,60  | <0,05 |
| 2   | DH 102 01-09 | 0,14                       | 0,33 | 2,08 | 0,28 | 2,60  | <0,05 |
| 3   | DH 29 01-03  | 0,07                       | 0,15 | 0,63 | 0,74 | 0,31  | <0,05 |
| 4   | DH 29 04-07  | <0,01                      | 0,74 | 7,73 | 2,18 | 12,52 | <0,05 |
| 5   | DH 39 01-07  | <0,01                      | 0,48 | 2,01 | 0,51 | 2,36  | <0,05 |
| 6   | DH 39 10-14  | <0,01                      | 0,47 | 2,70 | 1,37 | 7,34  | <0,05 |

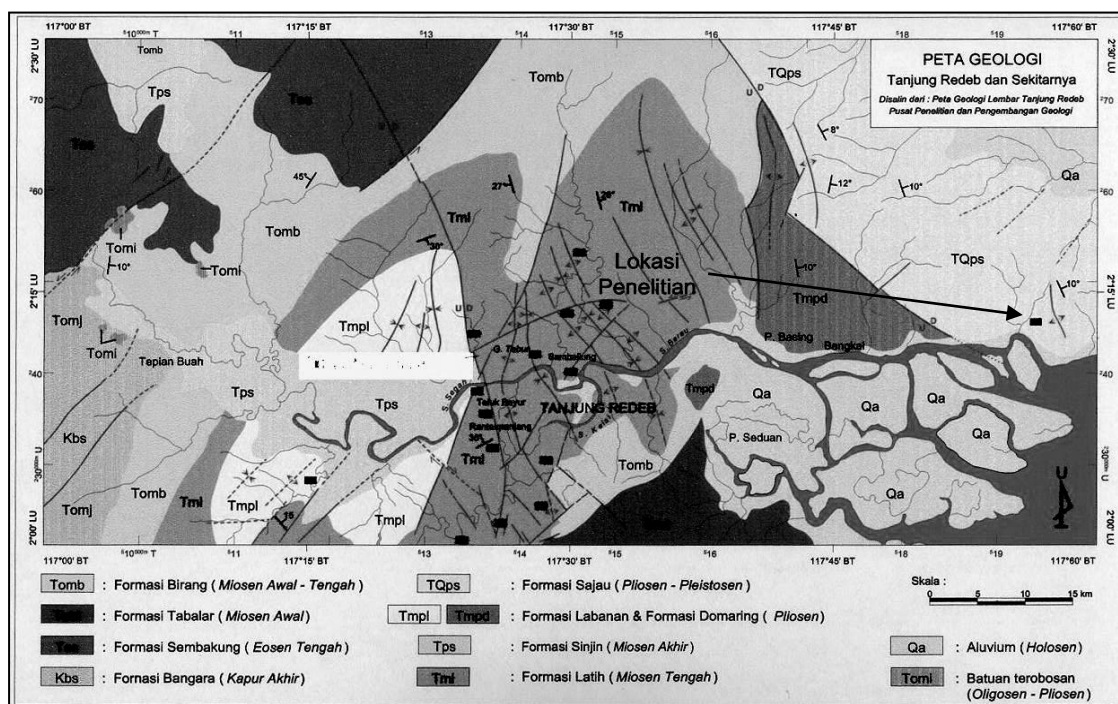
Tabel 9. Pengelompokan PAF dan NAF di lokasi sumur KSD11H dan KSD11H2

| Lokasi  | Atas/m | Bawah/m | Tebal/m | Kelompok |
|---------|--------|---------|---------|----------|
| KSD11H  | 0,00   | 19,75   | 19,75   | NAF      |
|         | 19,75  | 26,20   | 6,45    | Batubara |
|         | 26,20  | 30,70   | 4,50    | NAF      |
| KSD11H2 | 0,0    | 21,0    | 21,00   | NAF      |
|         | 21,0   | 28,5    | 7,50    | Batubara |
|         | 25,8   | 29,0    | 3,20    | NAF      |

Geokimia batuan penutup (overburden) batubara untuk memprediksi potensi air asam tambang di PIT 1 IUP PWR, di daerah Kasai, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur (Ahmad Helman Hamdani & Yoga Adriana Senjaya)

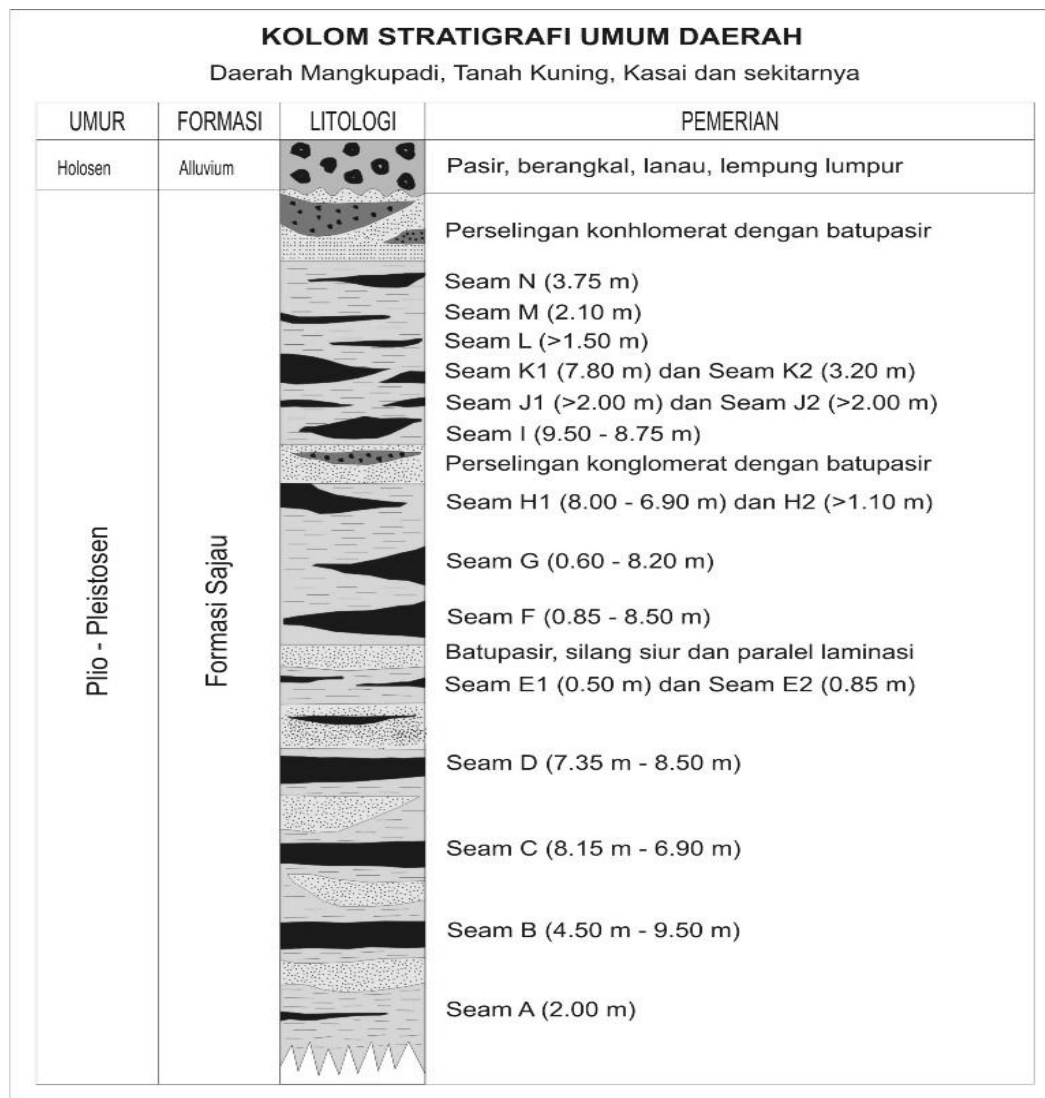


Gambar 1. Lokasi penelitian di daerah IUP PT. PWR di Blok Kasai, Kab. Berau.

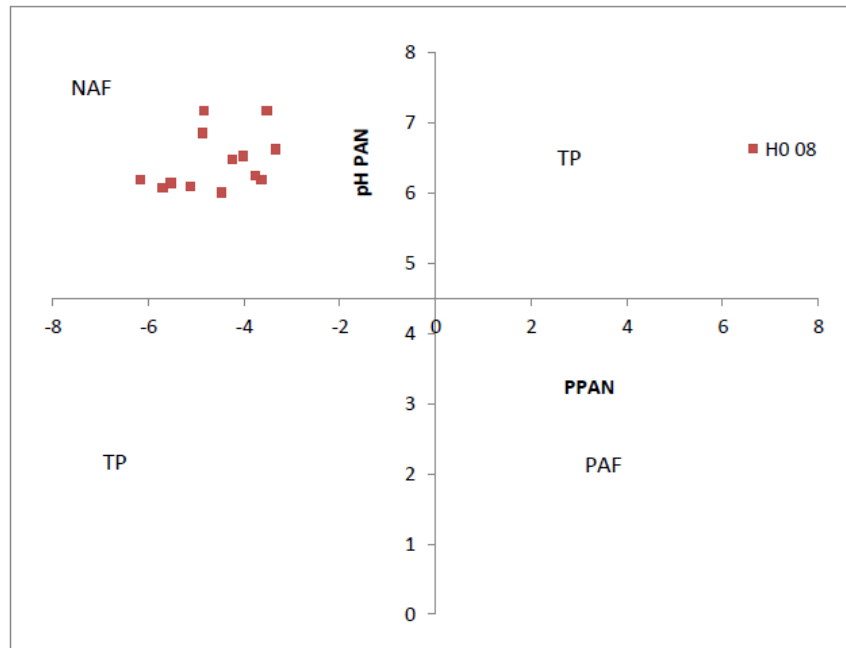


Gambar 2.

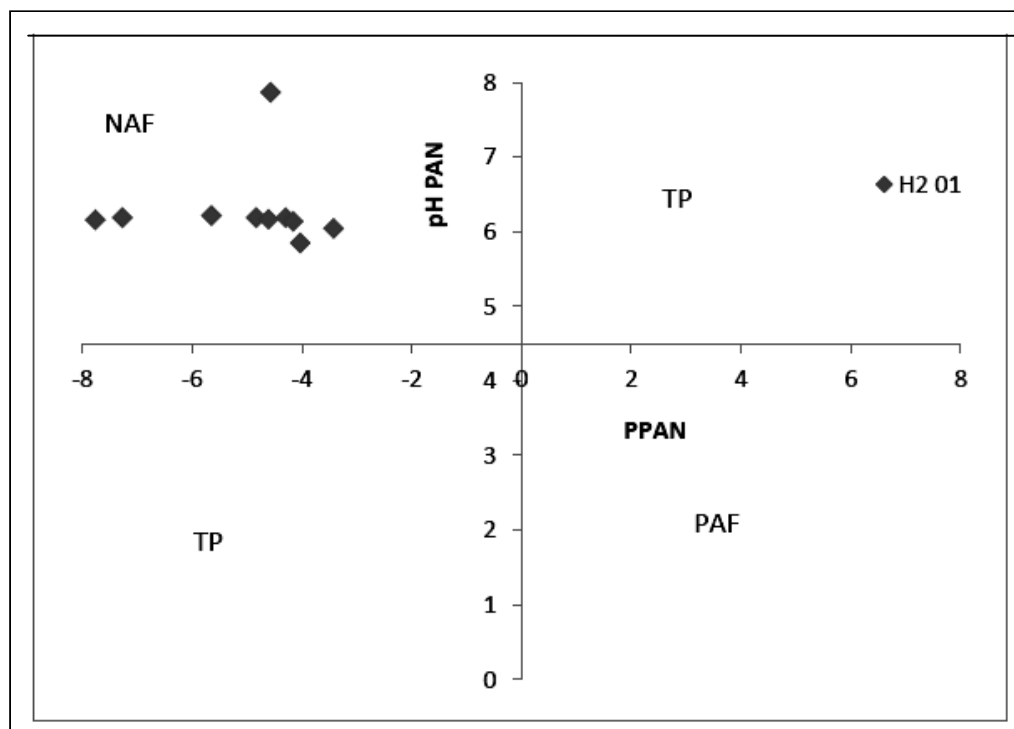
Peta geologi wilayah IUP PT. Patriot Wiraperkasa; sebagian dari sub cekungan Berau (Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb, Situmorang dan Burhan, 1992)



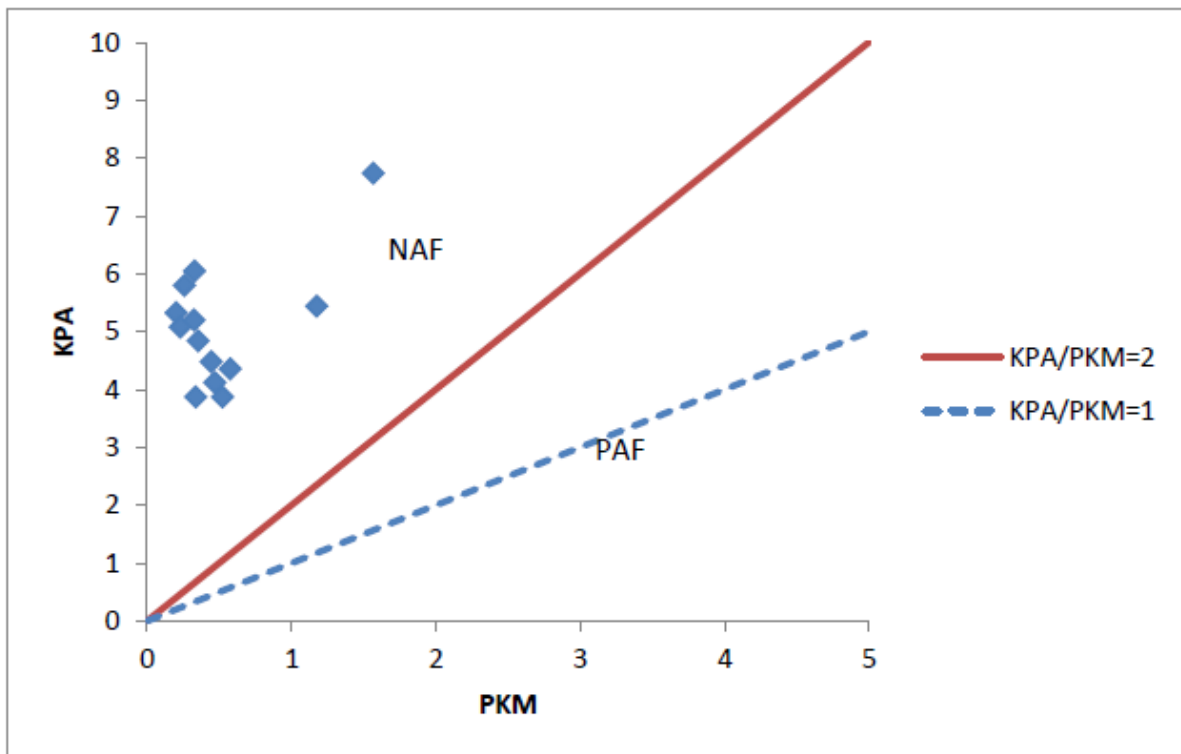
Gambar 3.  
Stratigrafi daerah penelitian berdasarkan rekonstruksi data pemboran  
(Delmar Mining, 2005)



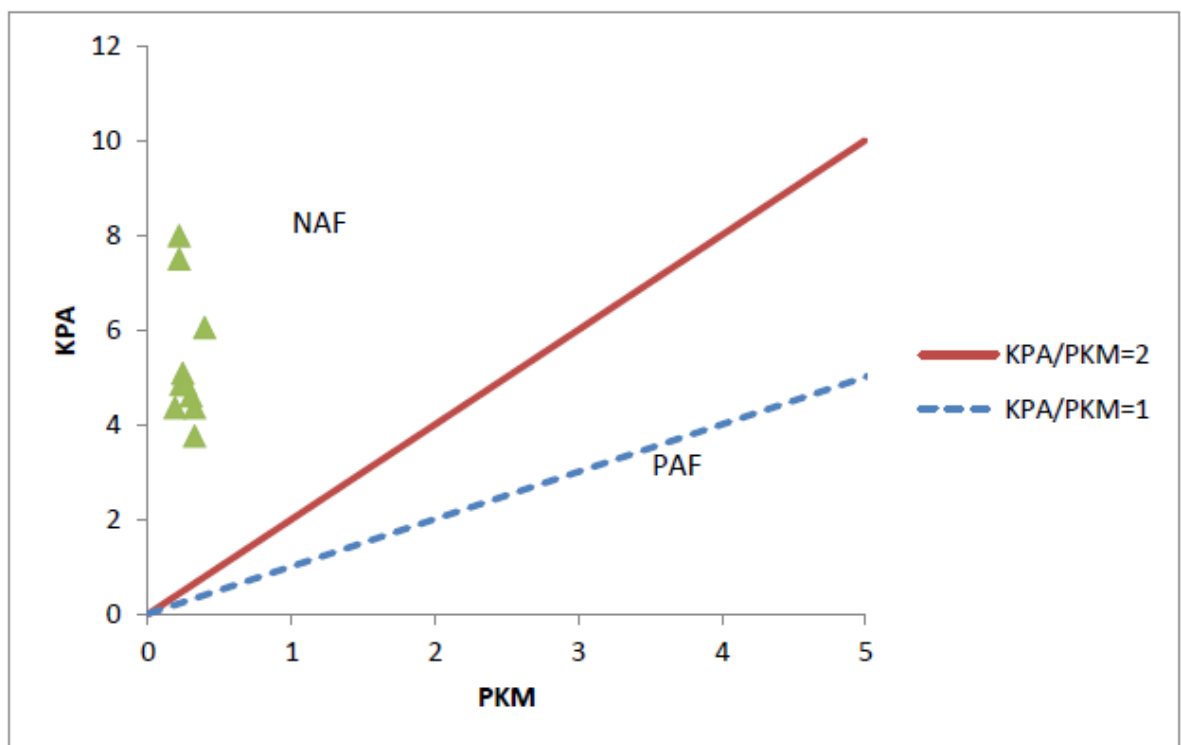
Gambar 4.  
Kurva pengelompokan PAF/NAF berdasarkan hubungan antara pH PAN dan PPAN di lokasi KSD11H



Gambar 5.  
Kurva pengelompokan PAF/NAF berdasarkan hubungan antara pH PAN dan PPAN di lokasi KSD11H2.

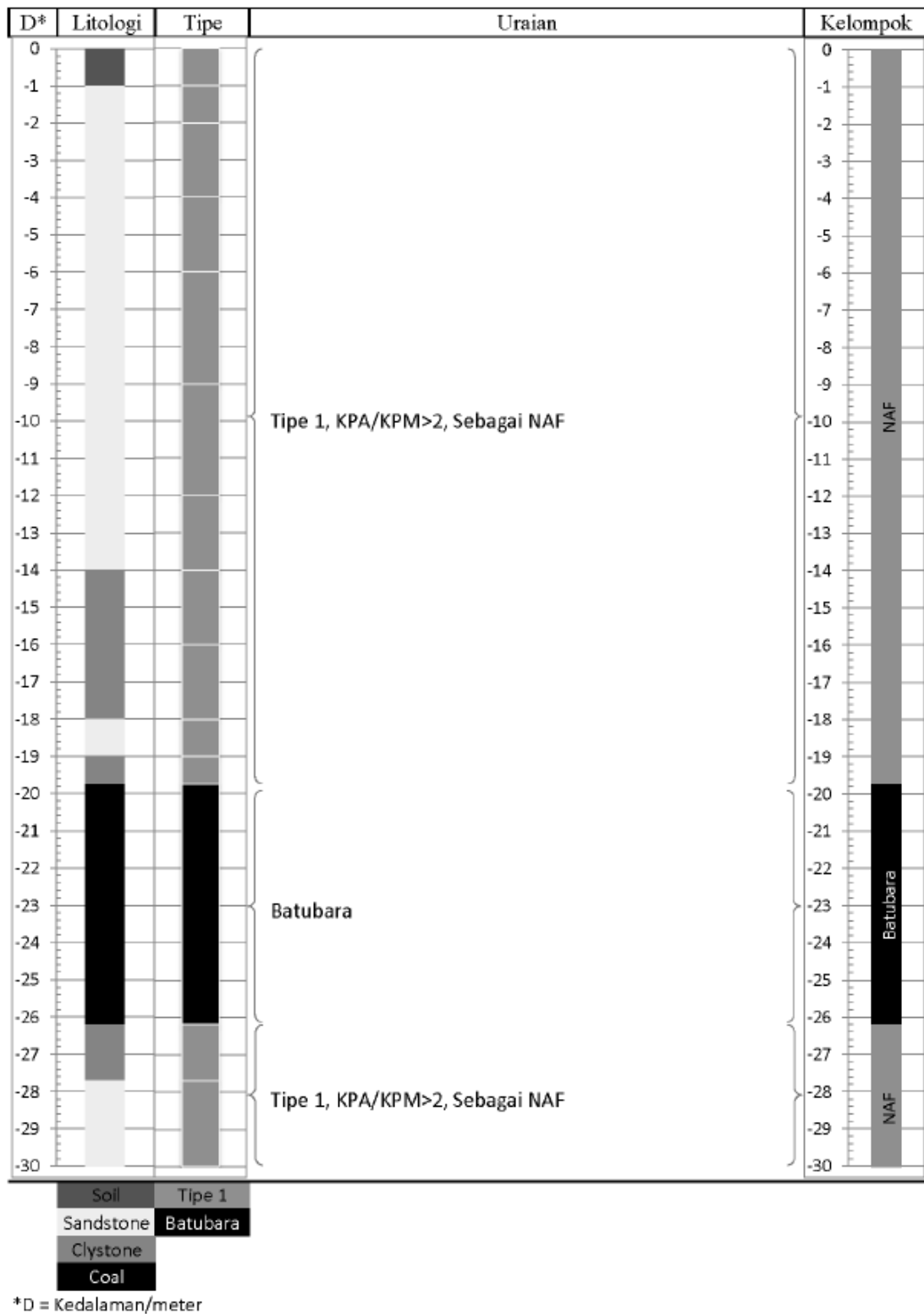


Gambar 6. Kurva hubungan antara PKM dan KPA di sumur KSD11H

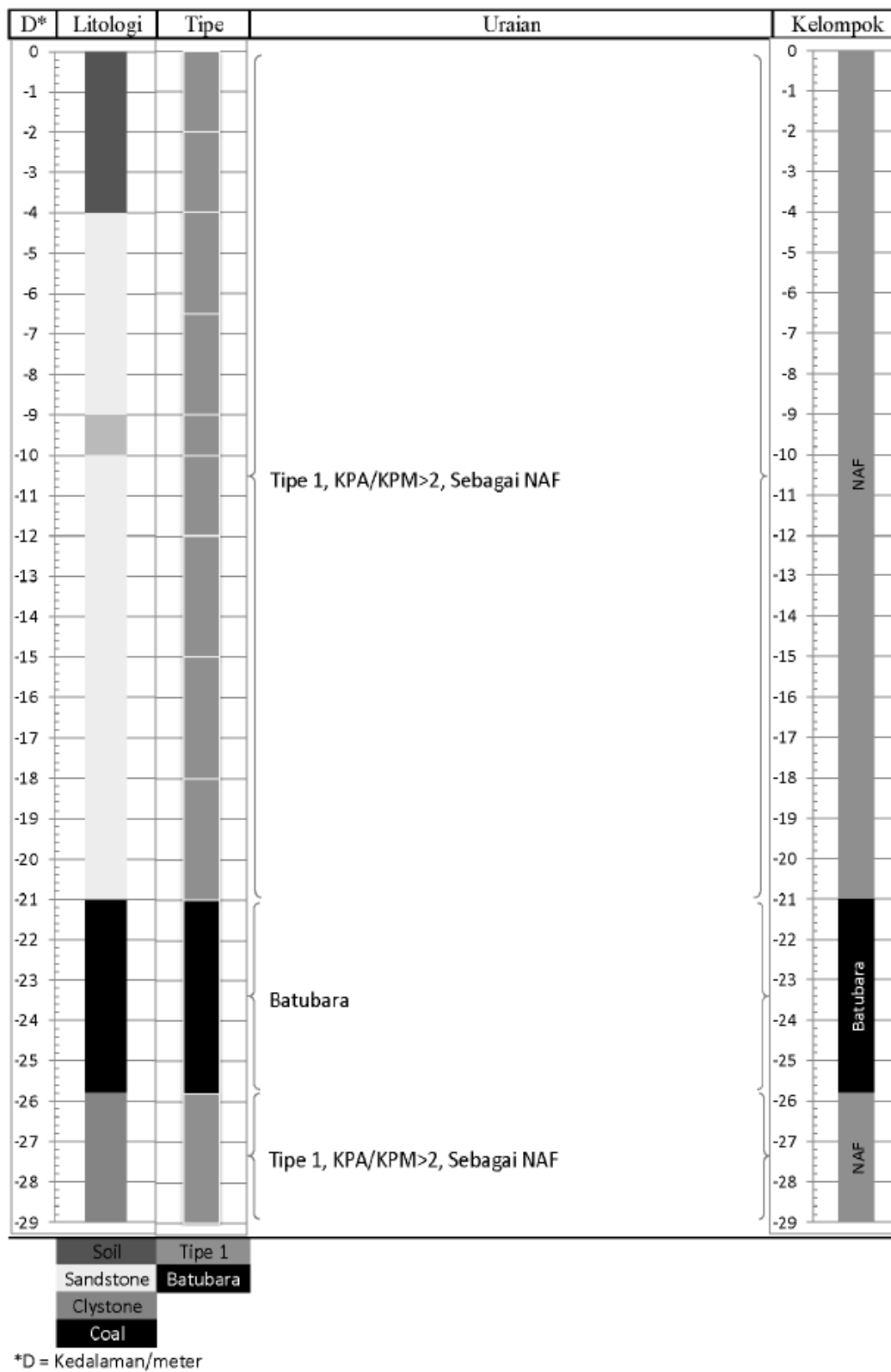


Gambar 7. Kurva hubungan antara PKM dan KPA di sumur KSD11H2

Geokimia batuan penutup (overburden) batubara untuk memprediksi potensi air asam tambang di PIT 1 IUP PWR, di daerah Kasai, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur  
(Ahmad Helman Hamdani & Yoga Adriana Senjaya)



Gambar 8. Pengelompokan PAF dan NAF pada contoh batuan di sumur KSD11H



Gambar 9. Pengelompokan PAF dan NAF pada contoh batuan di sumur KSD11H2