# GES BULETIN

PT. Ganeca Environmental Services Quarterly Buletin

Vol.#1
Edisi
Oktober
2018

Ganeca
Environmental Services

# Tantangan Pengelolaan Air Asam Tambang

Air asam tambang merupakan salah satu isu lingkungan yang seringkali dihadapi oleh perusahaan pertambangan, baik tambang batubara maupun bijih. Hal ini tentu berpotensi menimbulkan konflik kepada masyarakat lokal sekitar area penambangan dan berdampak pada terganggunya operasional penambangan. Oleh karena itu, penting bagi seluruh *stakeholders*, khususnya perusahaan pertambangan, untuk melakukan upaya-upaya pencegahan sehingga potensi dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan.

Pada dasarnya, industri pertambangan yang meliputi setiap bagian dari siklus kegiatan penambangan memiliki potensi untuk dapat menimbulkan dampak positif maupun dampak negatif bagi seluruh komponen dalam aspek sosial, ekonomi dan lingkungan.

Salah satu isu besar dalam kegiatan pertambangan yakni pembentukan air asam tambang. Air asam tambang adalah air yang berasal dari galian batuan yang bersifat asam dan tersingkap bersama logam-logam yang dulunya ada di bumi. Air asam tambang ini akan merembes ke dalam sumber-sumber air, mengakibatkan kualitas pH yang rendah, peningkatan kadar logam terlarut dan terganggunya ekosistem mahluk hidup sekitarnya. Air asam tambang yang timbul akibat dari kegiatan pertambangan berpotensi memberikan dampak negatif terhadap penurunan kualitas lingkungan, terutama bila sudah masuk ke dalam sistem air permukaan, air bawah tanah serta tanah di sekitarnya.



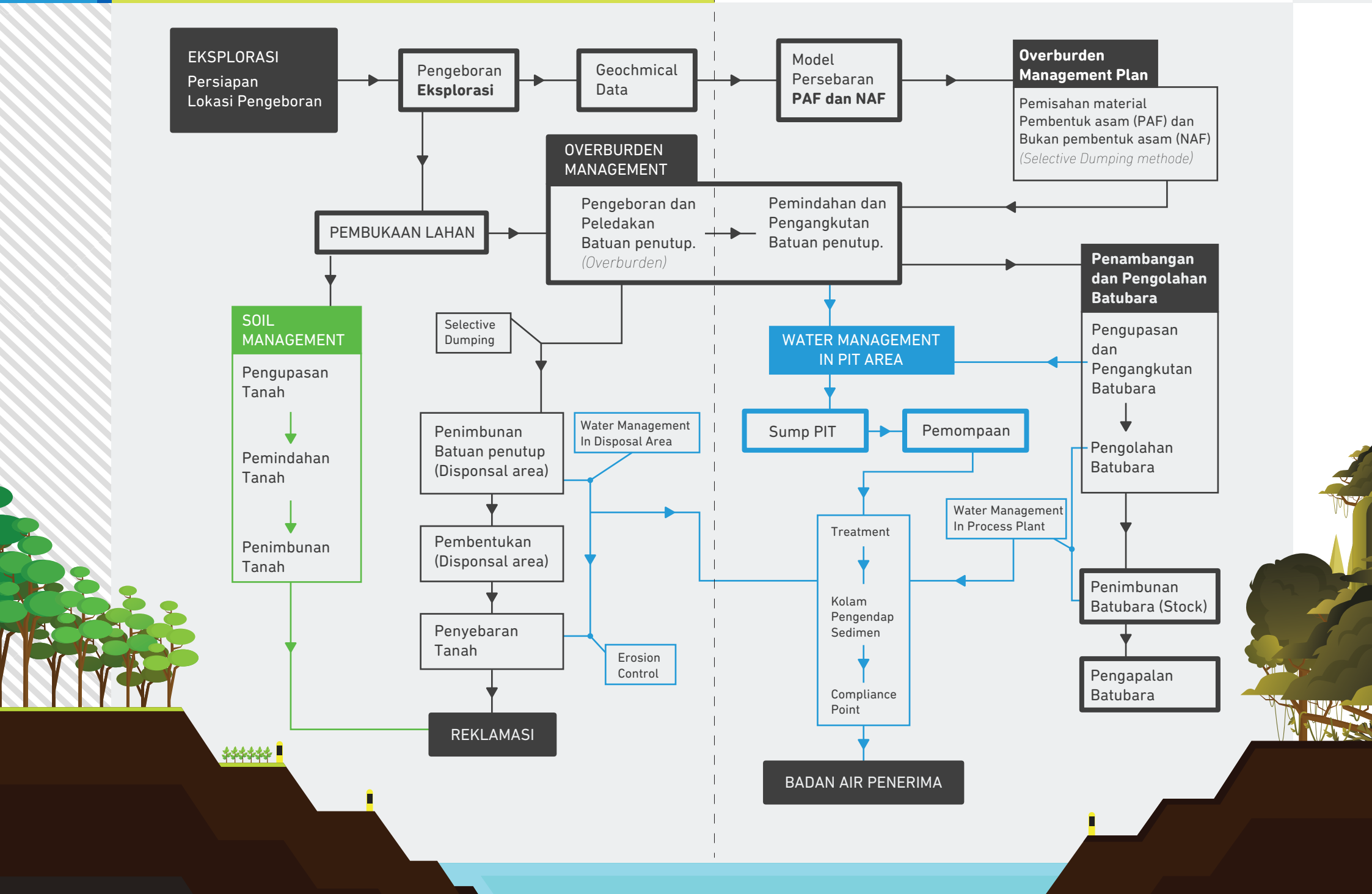
Berdasarkan dari hal tersebut di atas, prediksi keberadaan sumber dari air asam tambang harus telah dilakukan sejak awal operasi sehingga upaya pencegahan dan pengelolaan penurunan kualitas lingkungan akibat air asam tambang dapat dilakukan dengan baik.

## Pengelolaan Air Asam Tambang yang Terintegrasi dengan Penambangan

Pengelolaan air asam tambang harus dilakukan secara komprehensif, dimulai sejak tahap eksplorasi hingga tahap eksploitasi sehingga potensi dampak negatif pada tahap pascatambang *(mine closure)* dapat diminimalkan. Hal ini penting untuk dipertimbangkan karena dari sudut pandang perusahaan tentu kualitas lingkungan yang tidak sesuai baku mutu lingkungan di pascatambang merupakan *cost*, terlebih tidak ada lagi aktivitas produksi untuk membiayai kegiatan pengelolaan lingkungan tersebut.

Upaya pencegahan air asam tambang harus dilakukan sejak tahapan eksplorasi dimulai. Sampel dari kegiatan eksplorasi *(drilling core)* harus diupayakan untuk dilakukan pengujian laboratorium yakni *static test* dan/atau uji mineraologi (XRD/XRF). Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik batuan penutup *(overburden)* yang akan digunakan sebagai data dalam pembuatan model geokimia *(geochemical model)*. Dalam hal perencanaan penambangan yang terintegrasi, model geokimia menjadi tahapan awal yang penting guna mendapatkan berbagai informasi sebagai landasan dalam merencanakan tiap tahapan penambangan, khususnya metode enkapsulasi.

Gambar 1. Konsep Pengelolaan Lingkungan di Pertambangan, khususnya Air Asam Tambang (Sumber: Abfertiawan, 2010)

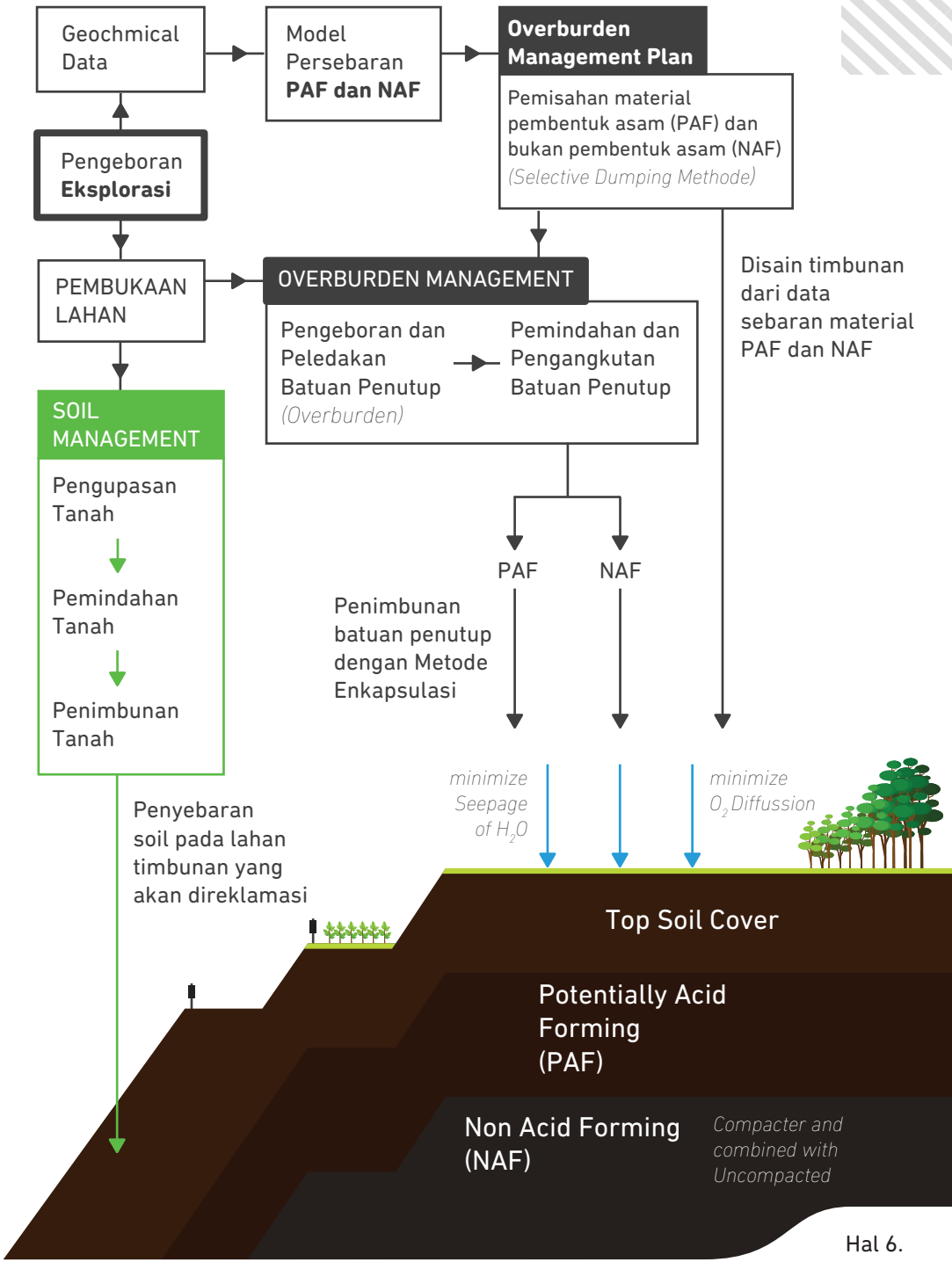


Pada tahapan pembuatan model geokimia, tentu selain dari model cadangan batubara, model yang harus dikembangkan yakni model persebaran batuan berpotensi membentuk asam *(Potentially Acid Forming/PAF)* dan yang tidak berpotensi membentuk asam *(Non acid forming/NAF)*. Model persebaran ini akan bermanfaat untuk mengetahui karakteristik dan volume batuan penutup. Sehingga dapat dilakukan perencanaan terhadap disain daerah penimbunan yang ditujukan untuk mencegah pembentukan air asam tambang. Tahapan ini merupakan kunci sukses dari upaya pencegahan air asam tambang.

Hasil model geokimia tersebut menjadi dasar dalam melakukan perencanaan penimbunan batuan penutup maupun tanah dan menjadi kunci keberhasilan dalam kegiatan revegetasi. Ilustrasi tahapan metode pencegahan air asam tambang melalui enkapsulasi material PAF dengan menggunakan NAF dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini. Aternatif-alternatif metode pencegahan air asam tambang akan saya coba deskripsikan dalam kesempatan lain.

Selain pencegahan air asam tambang, tentu upaya-upaya pengolahan air asam tambang juga menjadi bagian dari sistem pengelolaan air asam tambang. Hal ini dikarenakan, salah satu sumber pembentukan air asam tambang terjadi selama kegiatan penambangan yakni pit tambang dan kegiatan penimbunan yang belum final. Selama tahapan kegiatan-kegiatan tersebut air asam tambang sulit untuk dihindari. Oleh karena itu, *water management* menjadi hal yang harus diperhatikan sehingga air asam tambang dapat dikelola dengan baik sebelum dialirkan ke badan air penerima. Pada intinya, air yang berasal dari pit penambangan dan disposal harus masuk ke dalam sistem pengolahan air asam tambang (dan kekeruhan akibat erosi). Pengolahan air tambang dilakukan dengan berbagai alternatif teknologi, tergantung dengan pertimbangan teknis dan non teknis.

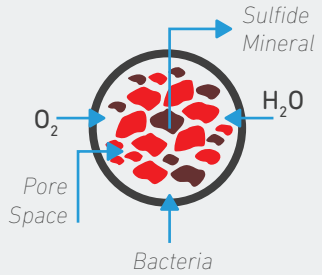
**Gambar 2. Overburden management dalam upaya pencegahan air asam tambang di daerah timbunan. Penggunaan metode dry cover untuk meminimalkan kontak material sulfida terhadap udara dan/atau air (Abfertiawan, 2010)**



# Apa itu Air Asam Tambang?

Air Asam Tambang merupakan salah satu isu lingkungan yang berpotensi terjadi di kegiatan penambangan baik batubara maupun bijih. Air asam tambang terbentuk karena adanya mineral sulfida yang tersingkap akibat kegiatan penggalian dan penimbunan batuan penutup. Mineral sulfida tersebut kontak dan teroksidasi oleh oksidator utama yakni oksigen dan membentuk produk-produk oksidasi. Produk-produk oksidasi tersebut kemudian terlindi oleh adanya air (air hujan).

Hal ini menyebabkan peningkatan keasaman di badan air penerima yang ditandai dengan rendahnya nilai pH. Selain peningkatan keasaman, pembentukan air asam tambang juga menyebabkan peningkatan terhadap konsentrasi logam-logam terlarut di badan air penerima.




**Komponen Pembentukan Air Asam Tambang (Abfertiawan, 2016)**

Di pertambangan batubara yang menerapkan metode tambang terbuka *(open pit mine)*, air asam tambang berpotensi terbentuk di dua lokasi yakni pit penambangan *(mine pit)* dan timbunan batuan penutup *(overburden disposal)*. Pembentukan air asam tambang di pit penambangan tidak dapat dihindari ketika lapisan batuan penutup yang berpotensi membentuk air asam tambang tersingkap menjadi dinding pit dan kontak dengan oksigen dan air.

Oleh karena itu, air asam tambang yang bersumber dari pit penambangan berpotensi memiliki kualitas yang tidak memenuhi baku mutu lingkungan sehingga harus dialirkan ke sistem pengolahan air asam tambang sebelum masuk ke badan air penerima.



Sedangkan pembentukan air asam tambang di timbunan batuan penutup berpotensi dapat terbentuk ketika timbunan tersebut belum final dan jika tidak adanya upaya pencegahan pembentukan air asam tambang yang salah satunya dapat dilakukan melalui metode enkapsulasi material PAF dengan menggunakan NAF.

Mineral sulfida merupakan mineral yang secara alami berdasarkan proses pembentukannya sudah terkandung didalam batuan. Mineral yang menjadi sumber pembentuk air asam tambang ini berpotensi dapat ditemukan di area penambangan baik tambang batubara maupun mineral (emas, lead, zinc, dll). Terdapat beberapa jenis mineral yang menyebabkan terbentuknya air asam tambang.

## Tabel 1 Mineral sulfida yang diketahui sebagai pembentuk Air Asam Tambang

**Sulfida yang menghasilkan AAT dengan oksigen sebagai oksidan:**

| Mineral | Formula |
|---|---|
| • Pyrite, marcasite | FeS2 |
| • Pyrrhotite | Fe1-xS |
| • Bornite | Cu5FeS4 |
| • Arsenopyrite | FeAsS |
| • Enargite/famatinite | Cu3AsS4/Cu3SbS4 |
| • Tennantite/tetrahedrite | (Cu,Fe,Zn)12As4S13/(Cu,Fe,Zn)12Sb4S13 |
| • Realgar | AsS |
| • Orpiment | As2S3 |
| • Stibnite | Sb2S3 |

**Tambahan sulfida yang dapat menghasilkan Air Asam Tambang dengan oksidan besi ferri:**

| Mineral | Formula |
|---|---|
| • Sphalerite | ZnS |
| • Galena | PbS |
| • Chalcopyrite | CuFeS2 |
| • Covellite | CuS |
| • Cinnabar | HgS |
| • Millerite | NiS |
| • Pentlandite | (Fe,Ni)9S8 |
| • Greenockite | CdS |

Mineral sulfida tersebut akan teroksidasi oleh kehadiran oksigen ketika adanya aktivitas penggalian dan penimbunan di pertambangan. Oksidasi minerasl sulfida dan adanya air akan membentuk produk oksidasi berupa besi fero, sulfat dan asam.

## Reaksi pembentukan air asam tambang dapat terjadi berdasarkan tahapan reaksi sebagai berikut:

### Oksidasi Mineral Sulfida (Pyrite) oleh kehadiran Oksigen

$2FeS_2(s) + 15O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Fe^{2+}(aq) + 4SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq)$
Pirit + Oksigen + Air -> Besi Ferro + Sulfat + Keasaman
Pyrite merupakan salah satu mineral sulfida utama yang sering ditemukan di area pertambangan terutama tambang batubara. Ketika kegiatan penggalian dan penimbunan dilakukan, mineral pyrite yang terkandung di dalam batuan penutup *(overburden)* maupun *interburden* tersingkap ke udara terbuka. Hal ini menyebabkan pyrite teroksidasi oleh oksigen bebas dan terlindi oleh air (hujan). Hasil reaksi tersebut membentuk besi ferro, sulfat, dan keasaman H+ yang menyebabkan penurunan nilai pH air.

### Oksidasi Besi Ferro menjadi Besi Ferri oleh kehadiran Oksigen

$4Fe^{2+}(aq) + O_2(g) + 4H^+(aq) \rightarrow 4Fe^{3+}(aq) + 2H_2O(l)$
Besi Ferro + Oksigen + Keasaman -> Besi Ferri + Air
Pada tahapan selanjutnya, besi ferro yang dihasilkan pada reaksi pertama dioksidasi oleh oksigen pada kondisi yang asam membentuk besi ferri. Reaksi ini berjalan cukup lambat namun keberadaan bakteri acidophiles yang berperan sebagai katalisator menyebabkan reaksi menjadi lebih cepat.

### Hidrolisa Besi Ferri

$4Fe^{3+}(aq) + 12\ H_2O(l) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s) + 12H^+(aq)$
Besi Feri + Air -> Besi Hidroksida + Keasaman
Hidrolisa adalah reaksi yang pemisahan molekul air. Besi ferri terhidrolisa membentuk besi hidroksida dan 12 mol keasaman. Proses reaksi ini lebih banyak terjadi pada lingkungan air dengan pH di atas 3,5. Reaksi ini menyebabkan terbentuknya presipitat besi hidroksida yang berwarna kuning keemasan yang sering dikenal dengan istilah *"yellowboy"*.

### Reaksi Lanjutan: Oksidasi Pyrite oleh Oksidan Besi Ferri

$FeS_2\ (aq) + 14Fe^{3+}(aq) + 8H_2O(l) \rightarrow 15Fe^{3+}(aq) + 2SO_4^{2-}(aq) + 16\ H^+(aq)$
Pirit + Besi Feri + Air -> Besi Fero + Sulfat + Keasaman (16 mol)

Endapan besi hidroksida di aliran sungai (Sumber: Abfertiawan, 2016)

Reaksi ini merupakan reaksi lanjutan ketika lingkungan air terpenuhi. Besi ferri dapat berperan menjadi oksidan kuat pada kondisi lingkungan air yang sangat asam (pH<3). Reaksi ini merupakan reaksi propagasi (perbanyakan) yang berlangsung sangat cepat dan akan berhenti ketika mineral sulfida pyrite dan atau besi ferri telah habis. Reaksi lanjutan ini merupakan reaksi yang menghasilkan nilai keasaman lebih besar jika dibandingkan dengan reaksi lainnya. Keasaman yang dihasilkan dalam reaksi ini mencapai 16 mol H+.

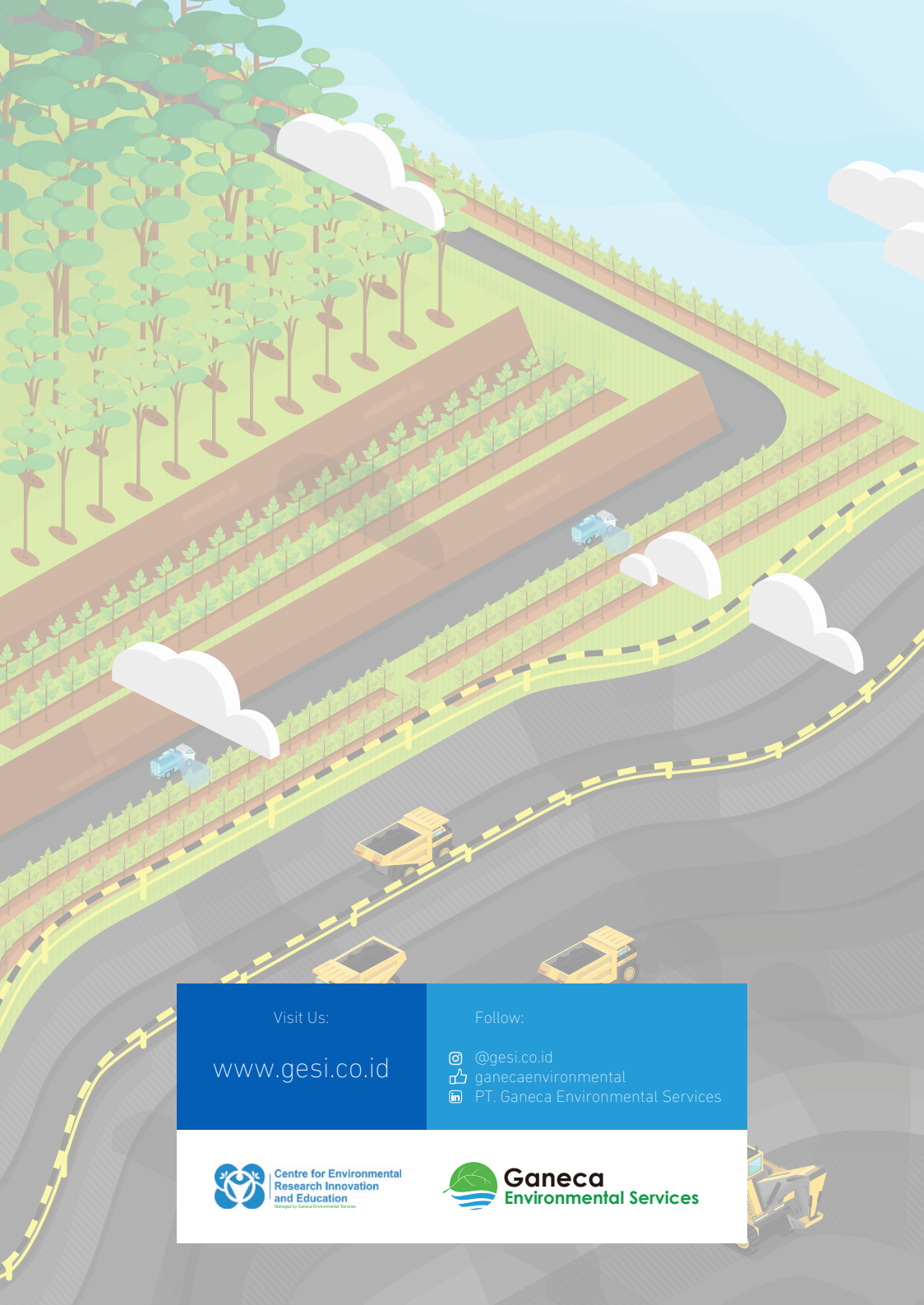
## Kontributor

*M. Sonny Abfertiawan*

"Founder PT Ganeca Environmental Services. Saat ini beliau aktif sebagai anggota Kelompok Keahlian Rekayasa Air dan Limbah Cair Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung."

## Daftar Pustaka

1. Abfertiawan, M.S., Gautama, R.S., Kusuma, S.B., Notosiswoyo, S.,. Hydrology Simulation of Ukud River in Lati Coal Mine. Evergreen - Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy, Kyushu University.
2. Abfertiawan M.S. and Gautama R.S. Development of Catchment Area Approach in Management of Acid Mine Drainage, International Mine Water Association Congress 2011, September 9, 2011, Aachen, Germany
3. Abfertiawan M.S. 2016. Model Transport Air Asam Tambang Melalui Pendekatan Daerah Aliran Sungai Pada Tambang Terbuka Batubara. Disertasi. Bandung
4. AMIRA (2002): ARD Test Handbook, Project P387A Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage,. AMIRA International.
5. INAP (The International Network for Acid Prevention) (2009) GARD (Global Acid Rock Drainage) Guide. http://www.gardguide.com/index, accessed Feb., 2011



Visit Us:

www.gesi.co.id

Follow:

@gesi.co.id
ganecaenvironmental
PT. Ganeca Environmental Services

Centre for Environmental Research Innovation and Education
Managed by Ganeca Environmental Services

Ganeca Environmental Services