

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proses Keterbentukan Batubara

Batubara adalah batuan yang mudah terbakar lebih dari 50% - 70% berat volumenya merupakan bahan organik yang merupakan material karbonan termasuk *Inherent Moisture*. Proses pembentukan batubara dimulai dari bahan organik, utamanya yaitu tumbuhan yang dapat berupa kulit pohon, daun, akar, struktur kayu, spora, polen, damar, dan lain-lain. Selanjutnya, bahan organik tersebut mengalami berbagai tingkat pembusukan (dekomposisi) sehingga menyebabkan perubahan sifat-sifat fisik maupun kimia baik sebelum ataupun sesudah tertutup oleh endapan lainnya (Tirasonjaya, 2006).

Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan karbon (*carboniferous period*) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Kualitas dari setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan, yang disebut sebagai maturitas organik. Proses awalnya, endapan tumbuhan berubah menjadi gambut, yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (lignit) atau disebut pula batubara coklat (*brown coal*). Batubara muda adalah batubara dengan jenis maturitas organik rendah (Raharjo, 2006).

Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap yaitu tahap biokimia (penggambutan) dan tahap geokimia (pembatubaraan). Tahap penggambutan (*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5 – 10 meter.

Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut (Stach et al, 1982).

Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia, dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya, temperatur, tekanan, dan waktu terhadap komponen organik dari gambut. Pada tahap ini persentase karbon akan meningkat, sedangkan persentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub-bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit. Meningkatnya peringkat batubara dari lignit hingga berubah menjadi sub-bituminus dan antrasit disebabkan oleh kombinasi antara proses fisika dan kimia serta aktifitas biologi (Stach et al., 1982).

Terbentuknya batubara selalu dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama (puluhan sampai ratusan juta tahun) dibawah pengaruh fisika, kimia ataupun juga dipengaruhi oleh proses-proses geologi. Ada dua teori mengenai tempat terbentuknya batubara yaitu teori insitu dan teori *drift*, (Sukandarrumidi, 2006).

1. Teori Insitu

Teori ini menyatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuk di tempat dimana tumbuhan asal itu berada setelah tumbuhan itu mati dan belum mengalami transportasi, segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses pembatubaraan (*coalification*). Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran luas dan merata, kualitasnya lebih baik karena kadar abunya relatif kecil.

2. Teori *Drift*

Berdasarkan teori ini bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Tumbuhan yang telah mati diangkut oleh media air dan berakumulasi di suatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami proses pembatubaraan (*coalification*). Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran yang tidak luas, tetapi dijumpai di beberapa tempat, dan kualitasnya kurang baik karena banyak mengandung material pengotor yang terangkut bersama selama proses pengangkutan dari tempat asal tumbuhan ke tempat sedimentasi.

3.2 Parameter Kualitas Batubara

Pengetahuan tentang batubara dan manfaatnya, diharapkan tidak hanya dipandang sebagai komoditas belaka saja, tapi yang lebih penting adalah batubara merupakan salah satu sumber daya strategis bagi keamanan energi di dalam negeri. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki cadangan batubara yang besar, yaitu sekitar 38,8 milyar ton dimana 70 persen merupakan batubara muda dan 30 persen sisanya adalah batubara kualitas tinggi. Potensi ini hendaknya disadari oleh segenap lapisan masyarakat sehingga pengelolaan batubara secara optimal untuk kepentingan bangsa dapat terus dipantau dan diperhatikan bersama-sama.

Secara umum, parameter kualitas batubara yang sering digunakan adalah kalori, kadar kelembaban, kandungan zat terbang, kadar abu, kadar karbon, kadar sulfur, ukuran, dan tingkat ketergerusan, di samping parameter lain seperti analisis unsur yang terdapat dalam abu (SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , Fe_2O_3 , dll), analisis komposisi sulfur (*pyritic sulfur*, *sulfate sulfur*, *organic sulfur*), dan titik leleh abu (*ash fusion temperature*). Mengambil contoh pembangkit listrik tenaga uap batubara pengaruh-

pengaruh parameter di atas terhadap peralatan pembangkitan listrik adalah sebagai berikut:

1. Kalori

Kalori sangat berpengaruh terhadap pengoperasian *pulveriser/mill*, pipa batubara, dan *windbox*, serta *burner*. Semakin tinggi kalori maka aliran batubara setiap jam-nya semakin rendah sehingga kecepatan *coal feeder* harus disesuaikan.

Untuk batubara dengan kadar kelembaban dan tingkat kemengerusan yang sama, maka dengan kalori yang tinggi menyebabkan *pulveriser* akan beroperasi di bawah kapasitas normalnya (menurut desain), atau dengan kata lain *operating ration*nya menjadi lebih rendah.

2. Kadar kelembaban (*Moisture*)

Hasil analisis untuk kelembaban terbagi menjadi *Free Moisture* (FM) dan *Inherent Moisture* (IM). Adapun jumlah dari keduanya disebut dengan *Total Moisture* (TM).

Kadar kelembaban mempengaruhi jumlah pemakaian udara primernya. Batubara berkadar kelembaban tinggi akan membutuhkan udara primer lebih banyak untuk mengeringkan batubara tersebut pada suhu yang ditetapkan oleh *output pulveriser*.

3. Zat terbang (*Volatile Matter*)

Kandungan *volatile matter* mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api. Penilaian tersebut didasarkan pada rasio atau perbandingan antara kandungan karbon (*fixed carbon*) dengan zat terbang, yang disebut dengan rasio bahan bakar (*fuel ratio*).

Semakin tinggi nilai *fuel ratio* maka jumlah karbon di dalam batubara yang tidak terbakar juga semakin banyak. Jika perbandingan tersebut nilainya lebih dari 1:2,

maka pengapian akan kurang bagus sehingga mengakibatkan kecepatan pembakaran menurun.

4. Kadar abu (*Ash Content*)

Kandungan abu akan terbawa bersama gas pembakaran melalui ruang bakar dan daerah konversi dalam bentuk abu terbang (*fly ash*) yang jumlahnya mencapai 80% dan abu dasar sebanyak 20%. Semakin tinggi kadar abu, secara umum akan mempengaruhi tingkat pengotoran (*fouling*), keausan, dan korosi peralatan yang dilalui.

5. Kadar karbon (*Fixed Carbon*)

Nilai kadar karbon diperoleh melalui pengurangan angka 100% jumlah kadar air (kelembaban), kadar abu, dan jumlah zat terbang. Nilai ini semakin bertambah seiring dengan tingkat pembatubaraan. Kadar karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai *fuel ratio* sebagaimana dijelaskan di atas.

6. Kadar sulfur (*Sulfur Content*)

Kandungan sulfur dalam batubara terbagi dalam pyritic sulfur, sulfat sulfur, dan organik sulfur. Namun secara umum, penilaian kandungan sulfur dalam batubara dinyatakan dalam Total Sulfur (TS). Kandungan sulfur berpengaruh terhadap tingkat korosi sisi dingin yang terjadi pada elemen pemanas udara, terutama apabila suhu kerja lebih rendah dari pada titik embun sulfur, di samping berpengaruh terhadap efektivitas penangkapan abu pada peralatan *electrostatic precipitator*.

7. Ukuran (*Coal Size*)

Ukuran butir batubara dibatasi pada rentang butir halus (*pulverized coal* atau *dust coal*) dan butir kasar (*lump coal*). Butir paling halus untuk ukuran maksimum 3 milimeter, sedangkan butir paling kasar sampai dengan ukuran 50 milimeter.

8. Tingkat ketergerusan (*Hardgrove Grindability Index* atau HGI)

Kinerja *pulveriser* atau *mill* dirancang pada nilai HGI tertentu. Untuk HGI lebih rendah, kapasitasnya harus beroperasi lebih rendah dari nilai standarnya pula untuk menghasilkan tingkat kehalusan (*fineness*) yang sama.

3.3 Air Asam Tambang (AAT)

AAT dihasilkan dari sisa batuan, *tailing*, dinding *pit* tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Mineral sulfida seperti pirit (FeS_2) teroksidasi dan hadir di air dan udara melalui oksigen yang menghasilkan AAT melalui proses kimia dan biokimia. Oksidasi mineral sulfida dapat dideskripsikan dengan persamaan (Morin dan Hutt dalam Bussiere, 2009)

Keterdapatannya air yang bersifat asam secara alamiah bisa terjadi di daerah yang dicirikan oleh derajat mineralisasi yang tinggi. Aliran air alami tersebut umumnya memiliki tingkat keasaman pH kurang dari 7 dan kandungan logam tinggi. Hal ini tampak dari nama-nama daerah yang sedikit banyak mengindikasikan adanya aliran air alami yang bersifat asam seperti *Rio Tinto* (di Spanyol: berarti sungai merah), *Rio Agrio* (di Spanyol: berarti sungai asam) dan asam-asam di Kalimantan Selatan.

3.3.1 Sumber – Sumber Air Asam Tambang

AAT dapat terjadi pada kegiatan penambangan baik itu tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Umumnya keadaan ini terjadi karena unsur sulfur yang terdapat di dalam batuan teroksidasi secara alamiah didukung juga dengan curah hujan yang tinggi semakin mempercepat perubahan oksida sulfur menjadi asam, dapat dilihat pada **Persamaan Reaksi 3.1**. Sumber – sumber AAT antara lain berasal dari kegiatan – kegiatan berikut :

1. Air dari tambang terbuka

Lapisan batuan akan terbuka sebagai akibat dari terkupasnya lapisan penutup, sehingga unsur sulfur yang terdapat dalam batuan sulfida akan mudah teroksidasi dan bila bereaksi air dan oksigen akan membentuk air asam tambang.

2. Air dari unit pengolahan limbah

Material yang banyak terdapat pada limbah kegiatan penambangan adalah batuan buangan (*waste rock*). Jumlah batuan buangan ini akan semakin meningkat dengan bertambahnya kegiatan penambangan. Sebagai akibatnya, batuan buangan yang banyak mengandung sulfur akan berhubungan langsung dengan udara terbuka membentuk senyawa sulfur oksida selanjutnya dengan adanya air akan membentuk air asam tambang.

3. Air dari lokasi penimbunan batuan

Timbunan batuan yang berasal dari batuan sulfida dapat menghasilkan AAT karena adanya kontak langsung dengan udara yang selanjutnya terjadi pelarutan akibat adanya air.

4. Air dari unit pengolahan limbah *tailing*

Kandungan unsur sulfur di dalam *tailing* diketahui mempunyai potensi dalam membentuk air asam tambang, pH dalam *tailing pond* ini biasanya cukup tinggi karena adanya penambahan *hydrated lime* atau bahan kapur untuk menetralkan air yang bersifat asam yang dibuang ke dalamnya. Air yang masuk ke dalam *tailing pond* yang bersifat asam tersebut diperkirakan akan menyebabkan limbah asam bila merembes keluar dari *tailing pond* (Gautama, 2005)

3.4 Mekanisme Terbentuknya Air Asam Tambang

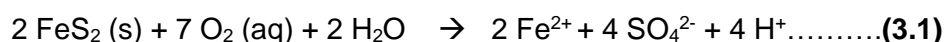
Air Asam Tambang (AAT) atau *Acid Mine Drainage* (AMD) atau *Acid Rock Drainage* (ARD) didefinisikan air pada kegiatan penambangan atau penggalian yang

bersifat asam atau pH rendah dan terbentuk sebagai akibat teroksidasinya mineral sulfida disertai keberadaan air. Tiga komponen utama pembentukan AAT adalah mineral sulfida, udara dan air. Permasalahan AAT sebagian besar berhubungan dengan penambangan batubara dan bijih primer seperti nikel, emas, tembaga dan mineral logam lainnya, karena pada kedua endapan bahan galian ini terkadang banyak mineral sulfida yang terkandung di dalamnya terutama mineral pirit (FeS_2), baik pada badan bijih maupun batuan sampingnya (Rudy S.G, 2014).

Secara fisik, aktivitas pengupasan lapisan tanah di atas batubara sekaligus menggosok kantong-kantong aliran air seperti sungai dan mata air di lokasi tersebut. Secara kimia, formasi batuan tempat terbentuknya batubara di Indonesia umumnya tersusun atas mineral sulfidik. Mineral yang tersisa (baik overburden maupun sisa galian) ketika bersinggungan dengan udara dan air akan cepat teroksidasi menghasilkan asam sulfat, asam sulfat merupakan asam kuat, maka pH tanah dan air akan mengalami penurunan secara drastis (Widyati, 2009).

AAT yang terbentuk dari oksidasi mineral mengandung besi sulfur, seperti pirit (FeS_2) dan piritit (FeS) oleh oksidator seperti air, oksigen dan karbondioksida dengan bantuan katalis bakteri dan produk-produk lain sebagai akibat dari reaksi oksidasi tersebut (Fahrudin, 2010). Reaksi tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi seperti berikut:

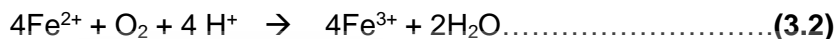
1. Oksidasi dari mineral sulfida. Proses oksidasi mineral sulfida dapat terjadi akibat adanya udara, air, dan bakteri anaerob seperti *Thiobacillus Ferrooxidans*. Reaksinya terbentuk pada **Persamaan Reaksi 3.1**.



Dampak lingkungannya sedikit asam (pH menurun) (Sawyer et all, 2003). Pada kondisi ini memicu perkembangan bakteri *Thiobacillus Ferrooxidans*, sumber

energi diperoleh bakteri tersebut dari senyawa anorganik yang mengandung S dan Fe, akibatnya terjadi *pyrite*.

2. Oksidasi ion besi (II) menjadi ion besi (III) pada **Persamaan Reaksi 3.2**.



3. *Thiobacillus ferrooxidans* mempercepat laju reaksi secara kimia oksidasi pirit dari 500.000 – 1.000.000 kali. Ion Fe^{3+} merupakan oksidan yang sangat kuat sehingga reaksi yang terbentuk pada **Persamaan Reaksi 3.3**.



Ion Fe^{3+} yang dihasilkan digunakan lagi oleh *Thiobacillus Ferrooxidans* membentuk AAT secara berulang (Fahrudin, 2010). Reaksi tersebut terlihat bahwa logam (Fe) akan terakumulasi baik pada tanah maupun air. Logam-logam lain juga dijumpai selain Fe seperti Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, dan lain-lain juga terdapat. Hal ini karena mineral umum yang terdapat pada lahan bekas tambang batubara selain pirit (FeS) antara lain spalerit (ZnS), galena (PbS), milerit (NiS), grinokit (CdS), covelit (CuS), kalkopirit (CuFeS₂), dan lain-lain. AAT inilah yang mengakibatkan lahan bekas tambang batubara memerlukan penanganan yang serius terutama untuk memperbaiki tingkat kemasaman dan menurunkan akumulasi logam-logam (Widyati, 2009)

Kecepatan pembentukan AAT ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik internal maupun eksternal. Faktor internal meliputi karakteristik batuan dan bentuk sulfur, sedangkan faktor internal adalah suhu, pH dan populasi bakteri pengoksidasi sulfur (Fahrudin, 2010)

3.5 Analisis Potensi Air Asam Tambang

Analisis potensi AAT dilakukan beberapa tahapan yaitu *sampling*, penanganan sampel, proses analisis kimia, pelaporan hasil analisis. Pada seluruh

proses ini, masing-masing terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menghindari adanya data yang tidak akurat pada pelaporan akhir hasil analisis.

3.5.1 *Sampling*

Suatu proses pengambilan sampel agar dapat dilakukan analisis dan pengujian dalam rangka menentukan variabilitas dari besaran dan kepentingan dalam material target. Dimana *sampling* AAT dilakukan dengan cara *sampling core*. Seringkali *core* juga diperlukan untuk analisis geoteknik, sampel untuk AAT diambil dari sisa *core* setelah diambil untuk sampel geoteknik. Jumlah sampel yang diperlukan untuk uji statik di laboratorium untuk keperluan beberapa uji seperti pH pasta, total sulfur, potensi penetralan dan potensi pembentukan asam, sampel perlu di gerus menjadi 200 *mesh* atau 120 *mesh*.

3.5.2 *Penanganan Sampel*

Proses penanganan sampel dari awal penerimaan sampel hingga menjadi sampel yang siap untuk dianalisa pada laboratorium kimia. Dalam proses preparasi, preparator sampel harus mengerti dengan seluruh proses preparasi dengan meminimalkan adanya potensi *error* pada proses dan dilakukan dengan standar prosedur preparasi sesuai ketentuan laboratorium.

Hal yang paling penting proses preparasi hasil preparasi sampel yang *representative*, karena dalam pada batuan sampel terdapat lapisan pirit dalam bentuk lapisan tipis, maka harus dipastikan bahwa proses preparasi menghasilkan sampel yang homogen untuk setiap litologi sampel.

3.5.3 *Proses Analisis Kimia NAPP (Net Acid Producing Potential)*

NAPP suatu metode yang digunakan untuk mengetahui potensi keasaman yang dapat dibentuk oleh sejumlah tanah tambang, dimana nilai potensi keasaman dinyatakan dalam kg H₂SO₄/ton batuan. Nilai dari total NAPP akan dijadikan acuan untuk menggolongkan tipe tanah tambang, dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1
Kriteria batuan PAF dan NAF

Parameter	Kriteria
NAPP ≤ 0 dan NAG pH $\geq 4,5$	NAF
NAPP > 0 dan NAG pH $< 4,5$	PAF
NAPP >0 dan NAG pH $> 4,5$	<i>Uncertain</i>
NAPP ≤ 0 dan NAG pH $< 4,5$	<i>Uncertain</i>

Sumber: lan dkk, 2007

Nilai NAPP dinyatakan dengan rumus:

$$\text{NAPP} = \text{MPA} - \text{ANC} \dots \dots \dots (3.1)$$

Diketahui:

MPA (*Maximum Potential Acidity*) = %TS \times 30,625 kg H₂SO₄/ ton batuan

ANC (*Acid Neutralizing Capacity*) = (Y \times M. HCl / Bobot Sampel) \times C

Y = (Vol. HCl pada *fizz rating*) – (Vol. NaOH hasil penitiran \times B)

B = (Vol. HCl sampel) / (Vol. NaOH hasil penitiran sampel)

Bobot Sampel = Bobot penimbangan sampel

M HCl = Molaritas larutan HCl

C = Faktor konversi

C = 49,0 (untuk menghitung kedalam kg H₂SO₄/ton batuan)

C = 5,0 (untuk menghitung kedalam kesetaraan % CaCO₃)

Dari metode analisa NAPP diketahui beberapa faktor yang mempengaruhinya seperti:

3.5.3.1 Total Sulfur (%TS)

%TS adalah jumlah kandungan sulfur organik & anorganik dalam sampel *coring* dimana total sulfur dalam sampel mengindikasikan jumlah atau banyaknya asam sulfat yang dapat terbentuk pada proses oksidasi dan reduksi dalam sampel *coring*. Jika pada penetapan jumlah atau banyaknya sulfur organik dan anorganik telah didapatkan hasilnya, maka nilai %TS adalah koreksi terhadap jumlah dari nilai sulfur organik dan anorganik, dimana %TS selalu lebih besar dari jumlah nilai sulfur organik dan anorganik yang dinyatakan dalam persen.

Metoda ini menetapkan jumlah atau banyaknya sulfur organik dan anorganik, baik yang berpotensi membentuk asam sulfat ataupun yang tidak berpotensi. Nilai sulfur yang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah akan memberikan hasil analisa yang anomaly.

3.5.3.2 Net Acid Generation (NAG)

Pada metode NAPP penetapan NAG dilakukan sebagai pertimbangan dalam menetapkan kriteria tipe sampel PAF, NAF dan *uncertain*. Penggolongan tipe sampel *core* ini tidak hanya berdasarkan pada nilai NAPP namun mempertimbangkan juga tingkat nilai pH hasil oksidasi pirit dalam tanah yang dinyatakan dalam nilai NAG pH.

Jika pirit dalam tanah tambang membentuk asam sulfat setelah teroksidasi oleh air dan udara, maka proses reaksi yang sama dapat dilakukan melalui penambahan H_2O_2 dan didapatkan kondisi keasaman dari tanah tambang akan terbentuk. Keuntungan paling utama dari analisis NAG adalah pada analisis ini secara langsung dilakukan pengukuran keasaman yang dihasilkan melalui oksidasi dari sampel, menyebabkan terjadinya interaksi dari asam yang terbentuk dan kapasitas penetral yang kemungkinan terkandung, (Warwick Steward, 2005).

Oksidasi pirit akan terganggu oleh kenaikan pada reaksi oksidasi disebabkan oleh kandungan sulfur yang tinggi. Indikasi adanya kandungan sulfur tinggi yaitu terjadinya *boiling solution* atau larutan mendidih. Proses ini akan lebih cepat mengurai H_2O_2 dan reaksi oksidasi pirit dalam sampel tanah tidak akan maksimal. Reaksi pelepasan panas pada umumnya terjadi pada sampel tanah dengan konsentrasi sulfur dari pirit $> 0,7\%$. (Warwick Stewart, 2005).

Hasil analisis akan menghasilkan suatu nilai NAPP yang berbanding terbalik dengan nilai NAG pH. Sampel tanah dengan nilai NAPP positif akan menghasilkan NAG pH $< 4,5$, sebaliknya sampel dengan nilai NAG pH $> 4,5$ akan memberikan nilai NAPP ≤ 0 . Namun beberapa kasus kriteria penggolongan tipe sampel tanah tidak

dapat terpenuhi, maka sampel tanah tidak terkategori sebagai PAF atau NAF, dan untuk sampel dengan kasus tersebut akan terkategori sebagai tanah tambang tipe *uncertain*.

NAG dalam sampel *core* tambang ditetapkan melalui proses reaksi oksidasi pirit dalam tanah menjadi asam sulfat dengan penambahan pereaksi H_2O_2 15% selama satu malam atau minimal 12 jam waktu reaksi (*overnight reaction*) dan di hari berikutnya dipanaskan untuk mengoksidasi sisa mineral yang tidak bereaksi sebelumnya dan diukur nilai pH setelah didinginkan.

3.5.3.3 Acid Neutralizing Capacity (ANC)

ANC adalah suatu metode penetapan jumlah atau banyaknya mineral penetral (pada umumnya karbonat, CO_3^{2-}) dalam conto tanah yang dapat bereaksi dengan mineral pengasam (pada umumnya sulfat, SO_4^{2-}) dalam sampel *core*. Berbeda dengan metode penentuan jumlah keasaman (aktual dan potensial asam), metode ini digunakan untuk menentukan kemampuan sampel dalam menetralkan asam yang terkandung dalam sampel itu sendiri. Banyaknya jumlah nilai ANC akan mempengaruhi sifat alkalinitas suatu sampel tanah.

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi hasil analisa ANC antara lain:

1. Penentuan *fizz rating* pada sampel dilakukan untuk mengestimasi jumlah atau kandungan mineral penetral dalam sampel *core*, maka untuk memastikan jumlah asam yang ditambahkan berlebih maka harus dipastikan bahwa pH (0,8 - 1,5).
2. Jika pH sampel mencapai kurang dari 0,8 maka hal ini mengindikasikan bahwa HCl yang ditambahkan terlalu banyak, sehingga perlu dilakukan pengulangan analisis, sedangkan jika pH diatas 1,5 maka harus dilakukan penambahan HCl kembali, hal ini mengindikasikan bahwa asam yang ditambahkan tidak cukup untuk menyisakan asam berlebih dalam analisis ANC. Untuk itu ketepatan dalam

penentuan *fizz rating* sangat penting untuk memaksimalkan efektifitas proses kerja.

$$\text{ANC} = (Y \times M. \text{HCl} / \text{Bobot Sampel}) \times C \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan:

Y = (Vol. HCl pada *fizz rating*) – (Vol. NaOH hasil penitaran × B)

B = (Vol. HCl sampel) / (Vol. NaOH hasil penitaran sampel)

Bobot Sampel = Bobot penimbangan sampel

M HCl = Molaritas larutan HCl

C = Faktor konversi

C = 49,0 (untuk menghitung kg H₂SO₄/ton batuan)

C = 5,0 (untuk menghitung kesetaraan % CaCO₃)

Penetapan ANC ini terdapat kemungkinan adanya faktor kesalahan dalam menetapkan *fizz rating*, sehingga asam yang ditambahkan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan untuk menghasilkan kelebihan asam atau bahkan asam yang ditambahkan terlalu banyak sehingga perlu dilakukan pengulangan analisis ANC.

2.5.3.4 pH Pasta

Pengujian pH pasta ini dilakukan apabila kondisi tidak tentu (*Uncertain*) untuk membantu interpretasi. Jika nilai pH pasta menunjukkan kondisi asam maka dapat diartikan bahwa sudah terjadi proses oksidasi pada sampel. Penambahan air destilat akan mencuci atau melarutkan hasil oksidasi sehingga sangat mungkin sampel tersebut dapat digolongkan sebagai PAF.

3.6 Metode Pencegahan Air Asam Tambang

AAT yang sudah terbentuk maka akan sulit untuk menghentikan proses pembentukan AAT tersebut, dimana laju reaksi oksidasi mineral sulfida sangat dipengaruhi oleh banyak faktor. Untuk mencegah terjadinya AAT khususnya pada

tambang batubara adalah mengupayakan agar proses oksidasi mineral sulfida tidak terjadi dengan cara menghindari kontak antara mineral sulfida dengan oksigen dan air.

3.6.1 Penambangan Kembali (*Re-mining*)

Re-mining upaya untuk menggali atau menambang kembali bekas tambang atau timbunan yang telah diketahui membangkitkan AAT yang tidak dapat dikelola dengan efisien dan efektif melalui metode pengolahan. Hal ini terjadi karena pada masa aktif tidak dilakukan metode pengelolaan AAT sama sekali sebab tidak adanya atau kurangnya pengetahuan. Beberapa metode *re-mining* antara lain:

1. Penggalian dan pengolahan batuan penutup dan *tailing*.
2. Penutupan atau pelapisan timbunan batuan limbah dengan batuan yang bukan pembentuk asam.
3. Penggalian (*push-back*) pada zona yang mengandung batuan yang reaktif di dalam *pit* dan menyisahkan batuan tidak reaktif yang tersingkap.
4. Penanganan kembali batuan limbah dan menempatkannya pada tempat timbunan yang telah dirancang dengan baik.

3.6.2 Segregasi atau Pemisahan

Segregasi atau penanganan selektif dari batuan penutup upaya untuk memisahkan penanganan batuan yang berpotensi membentuk asam PAF dan batuan yang tidak berpotensi membentuk asam NAF dan selanjutnya batuan PAF ditempatkan sedemikian rupa untuk mencegah terbentuknya AAT.

Metode pemisahan antara kedua jenis batuan tersebut pada tambang terbuka pada dasarnya pemisahan antara batuan bijih dengan batuan penutup. Upaya pencegahan terbentuknya AAT oleh batuan PAF dilakukan dengan cara meminimalkan peluang kontak dengan oksigen dan air. Pengembangan rencana pengelolaan AAT melalui teknik segregasi umumnya dilakukan sebagai berikut:

1. Rencana penanganan batuan penutup didasarkan pada karakterisasi geokimia rinci dari setiap jenis batuan di lokasi penambangan dan model geologi.
2. Pengelolaan batuan penutup dan program pemantauan dikembangkan untuk mengidentifikasi dan memisahkan batuan sebelum penggalian, pengangkutan, dan penimbunan.

3.6.3 Enkapsulasi dan Pelapisan

Pada tambang terbuka, metode enkapsulasi umumnya diintegrasikan dengan metode segregasi untuk bantuan penutup. Batuan penutup yang bersifat PAF diletakkan pada bagian dalam timbunan dan selanjutnya diberi lapisan batuan bersifat NAF. Jika diperlukan untuk meminimalkan potensi masuknya oksigen dan infiltrasi air ke dalam lapisan PAF, dilakukan pemadatan pada lapisan NAF.

Metode enkapsulasi dapat pula diterapkan untuk *tailing* dan limbah pengolahan lainnya dengan prinsip yang sama dengan enkapsulasi batuan penutup. *Tailing* yang reaktif ditempatkan di bagian dalam timbunan dan selanjutnya dilapisi dengan batuan NAF atau batuan/tanah organik dan bisa menggunakan bahan sintetik. Lapisan lempung dan kompaksi lapisan batuan tertentu dilakukan jika di perlukan (Rudy S.G, 2014).



Sumber : Rudy S.G, 2014

Gambar 3.1
Pembuatan Model Timbunan Batuan Penutup