



Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Lingkungan Pertambangan

Kuliah 7 AIR ASAM TAMBANG

Apakah “Air Asam Tambang”?

- Air Asam Tambang (AAT) atau *acid mine/rock drainage* : air yang berasal dari kegiatan tambang terbuka atau tambang bawah tanah atau timbunan bijih atau batubara yang dicirikan oleh tingkat keasaman yang tinggi (pH rendah) dengan peningkatan kandungan logam terlarut

- Terbentuk manakala mineral sulfida tertentu terdedah (*exposed*) pada suatu kondisi oksidasi
- Ditemukan baik pada tambang-tambang batubara (AMD) maupun tambang bijih (ARD) atau kegiatan penggalian lain dimana terdapat mineral-mineral sulfida
- Sulfida besi yang umum pada daerah batubara adalah *pyrite* dan *marcasite* (FeS_2), sementara sulfida logam lainnya antara lain *chalcopyrite* (CuFeS_2), *covellite* (CuS), dan *arsenopyrite* (FeAsS)
- *Pyrite* umumnya terdapat dengan sulfida logam lainnya dan sangat berpotensi membentuk AAT



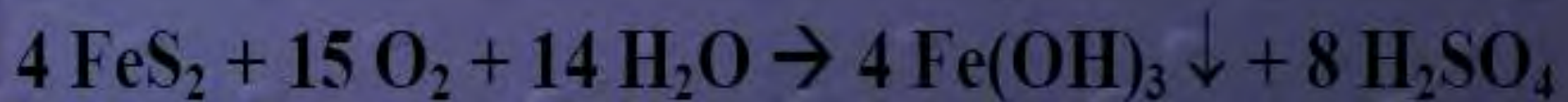
– SUMBER KEGIATAN PERTAMBANGAN

- KONSTRUKSI
(PEMBUATAN JALAN),
OB
- EKSPLOITASI (TBT, TT)
- WASTE DUMP
- STOCK PILE BIJIH/
BATUBARA
- PEMBUANGAN TAILING



Reaksi Pembentukan AAT

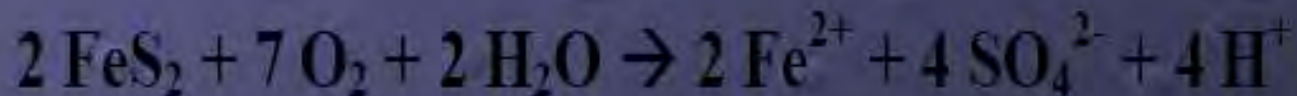
Reaksi umum pembentukan AAT adalah sebagai berikut:



Pyrite + Oxygen + Water \rightarrow "Yellowboy" + Sulfuric Acid

Reaksi tersebut dapat dirinci menjadi empat tahap reaksi

● Reaksi pertama adalah reaksi pelapukan dari pyrite disertai proses oksidasi. Sulfur dioksidasi menjadi sulfat dan besi fero dilepaskan. Dari reaksi ini dihasilkan dua mol keasaman dari setiap mol pirit yang teroksidasi



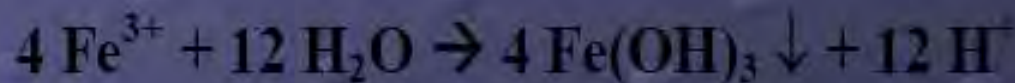
Pyrite + Oxygen + Water → Ferrous Iron + Sulfate + Acidity

- Pada reaksi kedua terjadi konversi dari besi ferro menjadi besi ferri yang mengkonsumsi satu mol keasaman. Laju reaksi lambat pada $\text{pH} < 5$ dan kondisi abiotik. Bakteri *thiobacillus* akan mempercepat proses oksidasi.



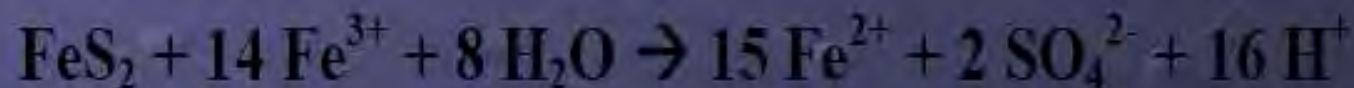
Ferrous Iron + Oxygen + Acidity \rightarrow Ferric Iron + Water

- Reaksi ketiga adalah hidrolisa dari besi. Hidrolisa adalah reaksi yang memisahkan molekul air. Tiga mol keasaman dihasilkan dari reaksi ini. Pembentukan presipitat ferri hidroksida tergantung pH, yaitu lebih banyak pada pH di atas 3,5.



Ferric Iron + Water \rightarrow Ferric Hydroxide (yellowboy) + Acidity

- Reaksi keempat adalah oksidasi lanjutan dari pirit oleh besi ferri. Ini adalah reaksi propagasi yang berlangsung sangat cepat dan akan berhenti jika pirit atau besi ferri habis. Agen pengoksidasi dalam reaksi ini adalah besi ferri.



Pyrite + Ferric Iron + Water \rightarrow Ferrous Iron + Sulfate + Acidity

Bentuk dari sulfur

- Pada tambang batubara dan batuan di sekelilingnya sulfur ditemukan dalam bentuk S organik, S sulfat dan S sulfida
- S organik – terkait dengan material tumbuhan pembentuk batubara dan terikat secara organik di dalam batubara
- Umumnya secara kimia tidak reaktif, sedikit atau bahkan tidak berperan dalam pembentukan AAT

- Sulfat umumnya terdapat dalam jumlah sedikit di dalam batubara atau batuan pada kondisi lembab; bisa dalam jumlah yang lebih banyak pada kondisi arid
- Umumnya merupakan produk dari pelapukan dan oksidasi sulfur
- Jika terbentuk gypsum (CaSO_4) asam tidak akan lagi terbentuk karena gypsum adalah garam yang netral

AAT TIDAK TERBENTUK JIKA

- Mineral sulfida tdk reaktif
- Banyak min bersifat basa/ penetral asam
- Iklim kering/kelembaban rendah
- Infiltrasi air hujan tidak terlalu banyak

Pengelompokan AAT (Skousen & Ziemkiewics, 1996)

- Tipe 1 – Air Tambang dengan alkalinity yang rendah ($\text{pH} < 4,5$) dan mengandung Fe, Al, Mn, dan logam lain, keasaman (acidity) dan oksigen; air jenis ini disebut Air Asam Tambang (AMD).
- Tipe 2 – air tambang dengan TDS yang tinggi mengandung banyak besi ferro dan Mn, tidak atau sedikit mengandung oksigen dan $\text{pH} > 6,0$. Jika teroksidasi pH akan turun dengan cepat dan menjadi Tipe 1.

- Tipe 3 – air tambang dengan TDS sedang sampai tinggi, kandungan besi ferro dan Mn yang rendah sampai sedang, tidak atau sedikit mengandung oksigen, $\text{pH} > 6,0$ dan alkalinitas lebih besar dari pada keasaman; biasa disebut “alkaline mine drainage”. Jika teroksidasi, asam yang terbentuk dari reaksi hidrolisa dan presipitasi logam akan dinetralkan oleh alkalinitas yang terdapat di dalam air.
- Tipe 4 – AAT yang ternetralkan dengan $\text{pH} > 6,0$ dan kandungan TSS yang tinggi. Hidroksida logam belum terendapkan. Pada kolam pengendap, padatan akan mengendap dan membentuk air tipe 5.

No.	Golongan	Jenis batuan	Keterangan
1	Tipe 1	bukan pembentuk asam	nilai pH uji NAG lebih besar atau sama dengan 4,5 dan atau nilai NAPP negatif;
2	Tipe 2	potensi pembentuk asam kapasitas rendah	pH uji NAG lebih kecil 4,5; nilai NAG pada pH 4,5 lebih kecil dari 5 kg H ₂ SO ₄ per ton; NAPP 0 - 10 kg H ₂ SO ₄ per ton
3	Tipe 3	potensi pembentuk asam kapasitas tinggi	pH uji NAG lebih kecil 4,5; nilai NAG pada pH 4,5 lebih besar atau sama dengan 5 kg H ₂ SO ₄ per ton; NAPP lebih besar atau sama dengan 10 kg H ₂ SO ₄ per ton
4	Tipe 4	pembentuk asam	pH uji NAG lebih kecil 4,5; dan batuan (1:2) lebih kecil dari 4,5; nilai NAG pada pH 4,5 lebih besar atau sama dengan 5 kg H ₂ SO ₄ per ton; NAPP lebih besar atau sama dengan 10 kg H ₂ SO ₄ per ton

- ❁ Jika perusahaan tambang diperkirakan akan menghadapi masalah AAT maka harus mempersiapkan program prediksi AAT
- ❁ Tujuan dari suatu program prediksi AAT adalah mengurangi ketidakpastian sampai pada tingkat dimana potensi risiko dapat diidentifikasi dan strategi ekstraksi, penanganan limbah (waste), mitigasi dan pemantauan yang efektif dapat dipilih.
- ❁ Program prediksi AAT harus mencakup tiga langkah:
 - Identifikasi dan penjabaran semua material geologi (batuan) yang akan digali, terdedah atau terganggu oleh penambangan
 - Perkiraan potensi pembangkitan AAT dan jika memungkinkan, waktu setiap batuan terdedah dan kondisi lingkungannya
 - Pengembangan suatu program mitigasi dan pemantauan atas dasar perkiraan potensi AAT dan kebutuhan perlindungan lingkungan

Sumber Pengambilan Contoh AAT (1)

Komponen Kegiatan pertambangan Sebagai Sumber AMD	Sumber Contoh untuk Mengidentifikasi AMD
Dinding pit	<ul style="list-style-type: none">•Inti bor dan cuttings•Underground exploration passages•Paritan (trenches)•Dinding pit (hanya untuk tambang yang aktif)
Penggalian batuan penutup pada tambang bawah tanah	<ul style="list-style-type: none">•Inti bor•Lubang masuk kegiatan eksplorasi tambang bawah tanah (<i>Underground exploration adits</i>)•Front dan dinding tambang (hanya untuk yang masih aktif)•Batuan penutup yang digali

Sumber Pengambilan Contoh AAT (2)

Penimbunan batuan samping/ overburden	<ul style="list-style-type: none">•Inti bor•Lubang masuk kegiatan eksplorasi tambang bawah tanah (<i>Underground exploration adits</i>)•Timbunan batuan (hanya untuk yang masih aktif)
Penimbunan bijih di <i>stockpile</i>	<ul style="list-style-type: none">•Inti bor•Lubang masuk kegiatan eksplorasi tambang bawah tanah (<i>Underground exploration adits</i>)•Timbunan batuan (hanya untuk yang masih aktif)
Tailing dari kegiatan pengolahan	<ul style="list-style-type: none">•Residu dari pengujian metalurgi skala laboraorium atau uji pilot plant•Kolam tailing

PENCEGAHAN AAT

- Mencegah terbentuknya AAT
- Meniadakan salah satu atau lebih unsur pembentuk AAT
- Cara kering (pemisahan, penimbunan, pelapisan, dsb)
- Cara basah (wet land)

Pencegahan AAT

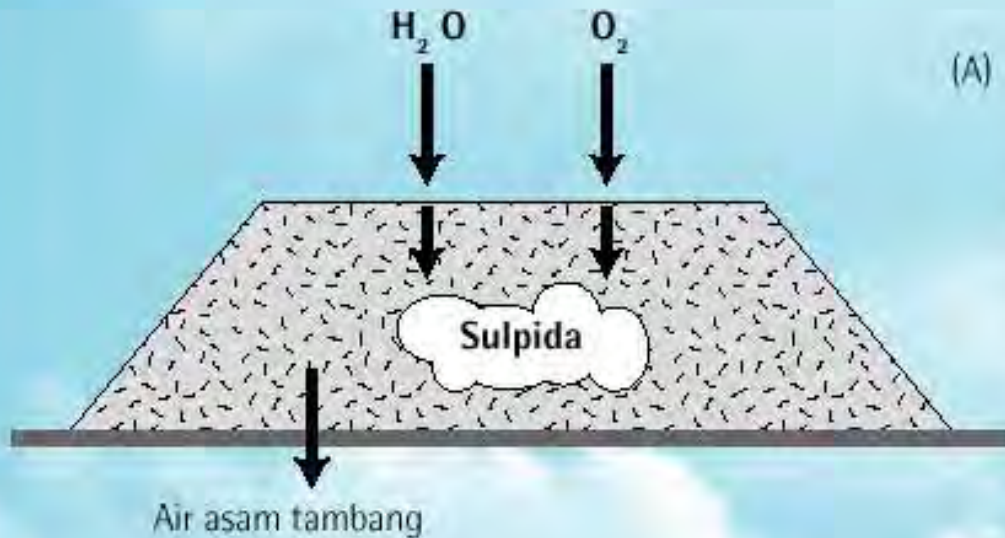
- Pemanfaatan sumber-sumber alkalin
- Penggunaan Fosfat
- Pelapisan
- Bakterisida
- Pengkapsulan

Pemanfaatan Sumber-Sumber Alkalin

- Penggunaan kapur
- Diperkirakan 2,5 gr kapur (CaCO_3) akan mengurangi tingkat keasaman 0,1 %.

Penggunaan Fosfat

- Penggunaan larutan FePO_4
- Di dalam kondisi $\text{pH} > 2$ FePO_4 melakukan presipitasi dalam fase terpisah di dalam larutan
- Di bawah $\text{pH} 3$, tingkat kejenuhan akan menurun dengan penambahan FePO_4 pada permukaan pyrite.



(A) Pandangan konseptual tempat penimbunan batuan yang mengandung sulfida tanpa penutup. Air dan oksigen akan dengan mudah masuk ke dalam penimbunan tersebut dan bereaksi dengan sulfida (pyrit). Hasilnya adalah air asam tambang.



(B) Pandangan konseptual sebuah tempat penimbunan batuan sulfida dengan penutup. Penutup tersebut bisa membatasi jumlah oksigen dan air yang masuk untuk mengurangi tingkat pembentukan air asam tambang.

Pengendalian asam tambang di penimbunan batuan



Penimbunan batuan type 1 di bagian luar timbunan



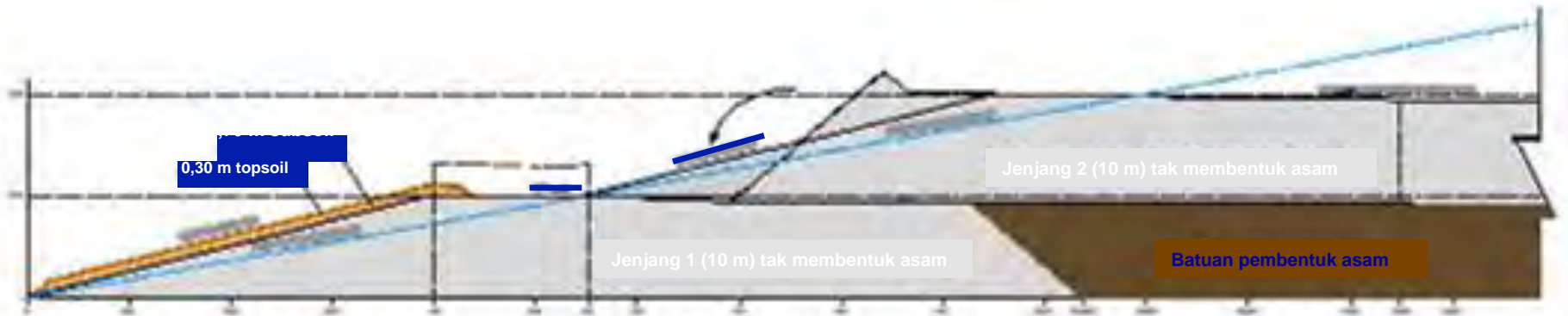
Pendorongan lereng akhir oleh dozer



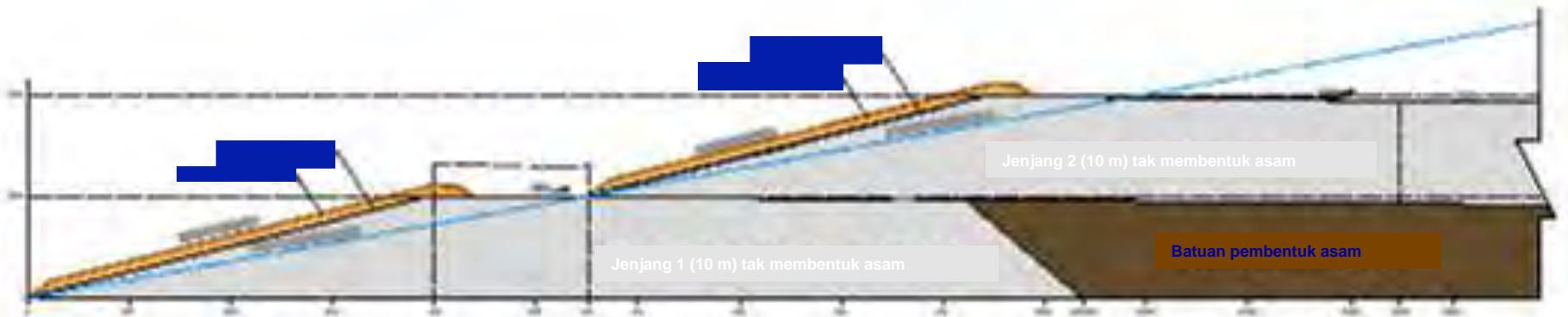
Penempatan tanah



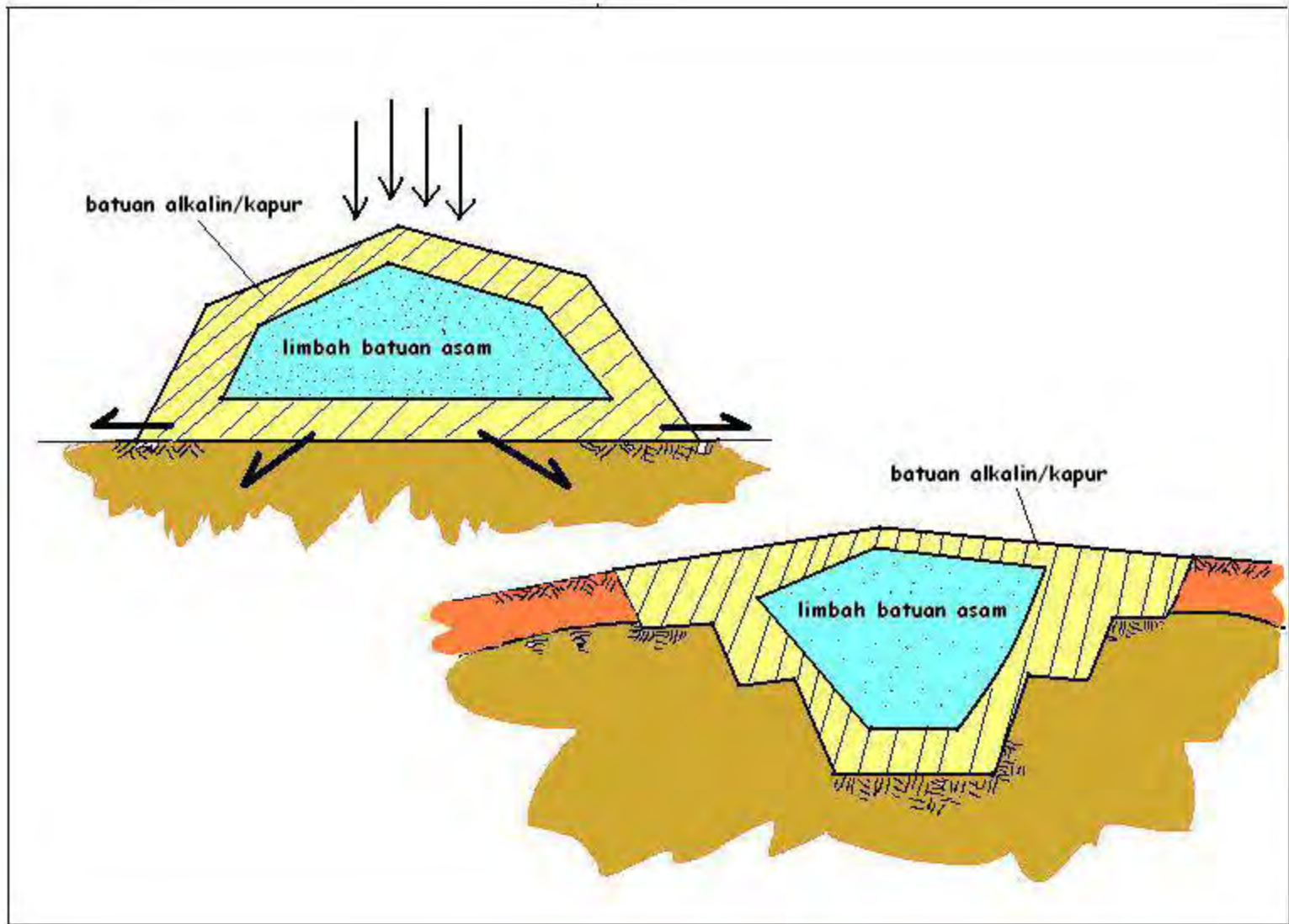
Pembentukan berm drainase dan awal jenjang berikutnya

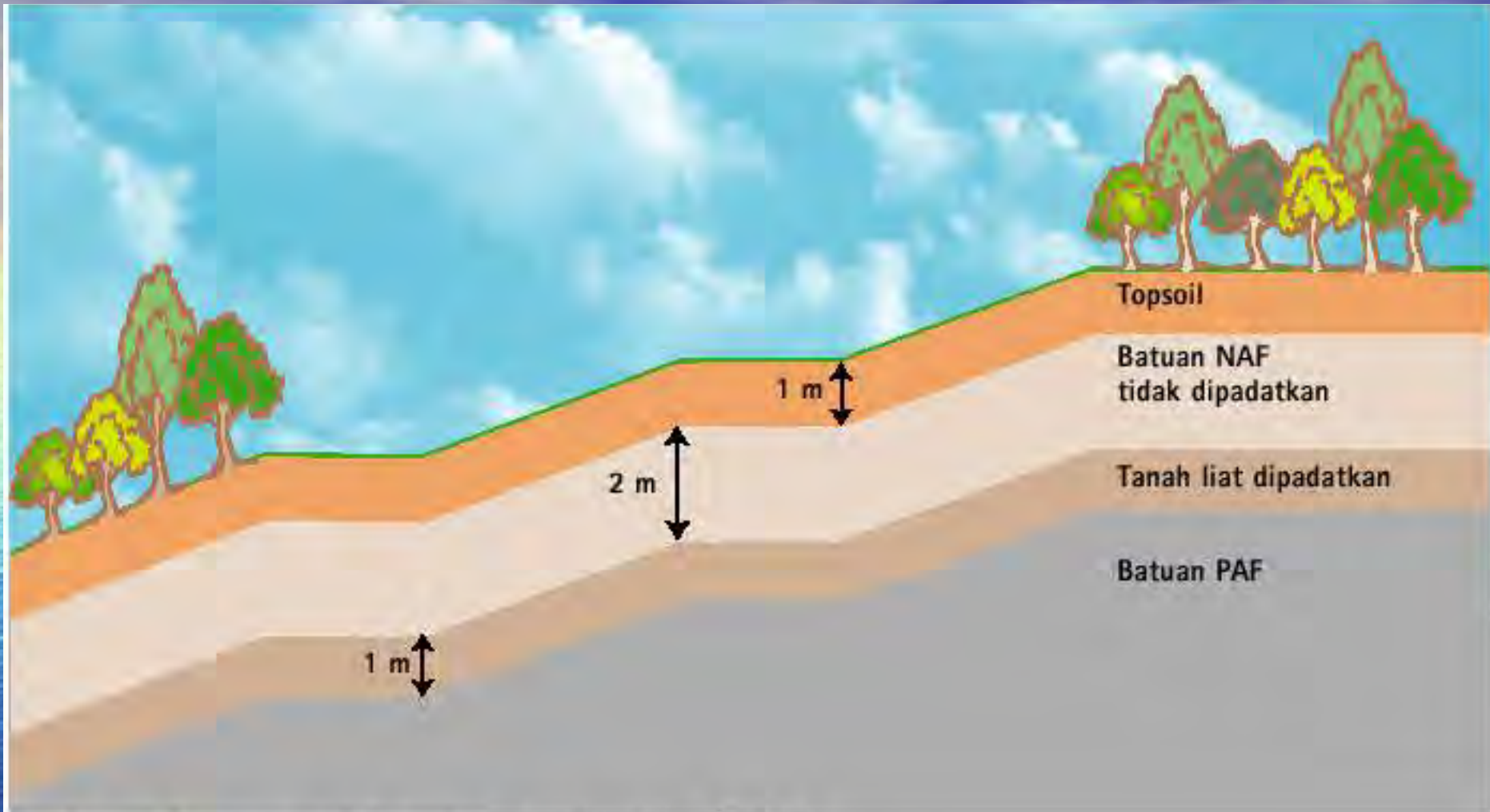


Pendorongan jenjang ke d

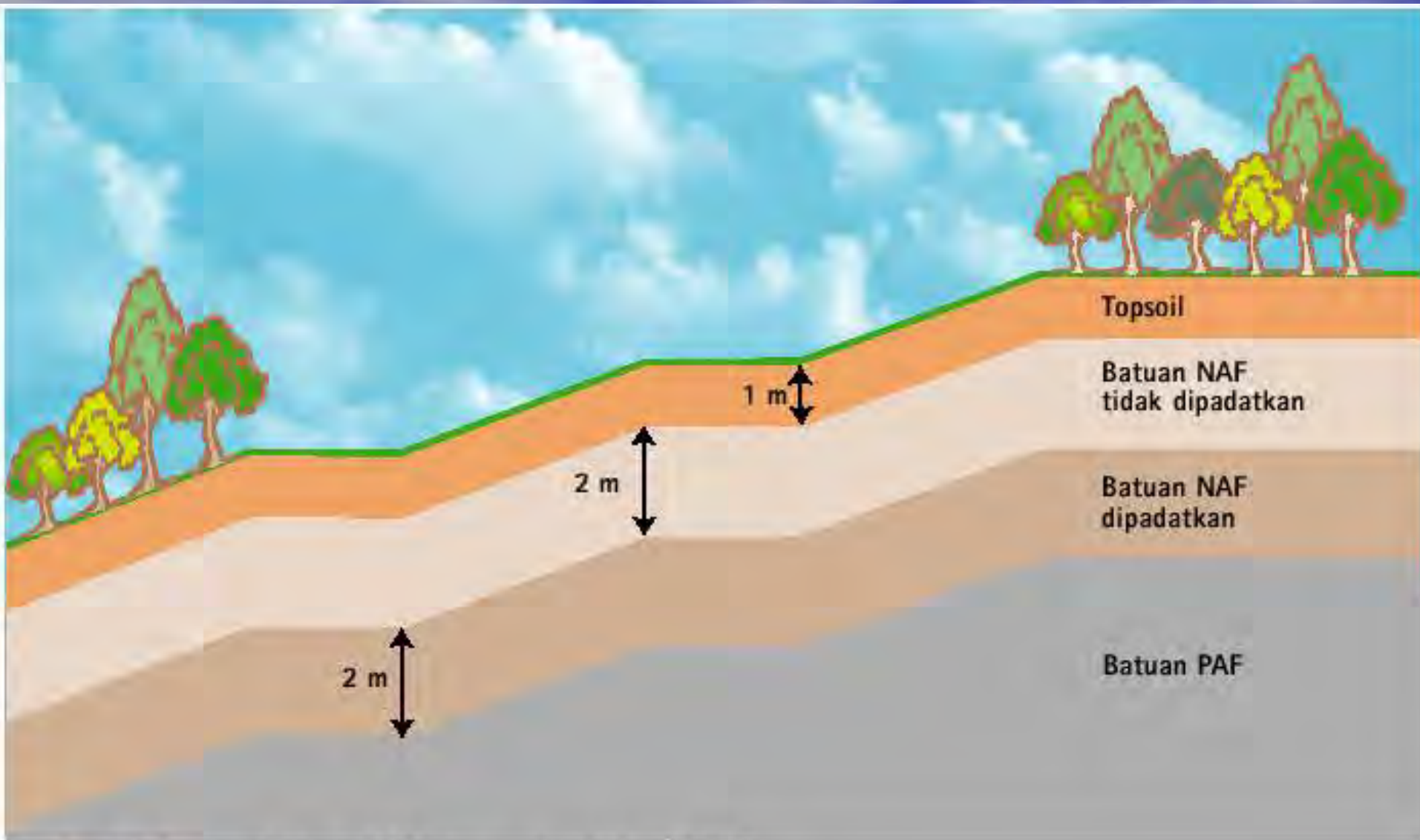


Penyelesaian jenjang ke dua

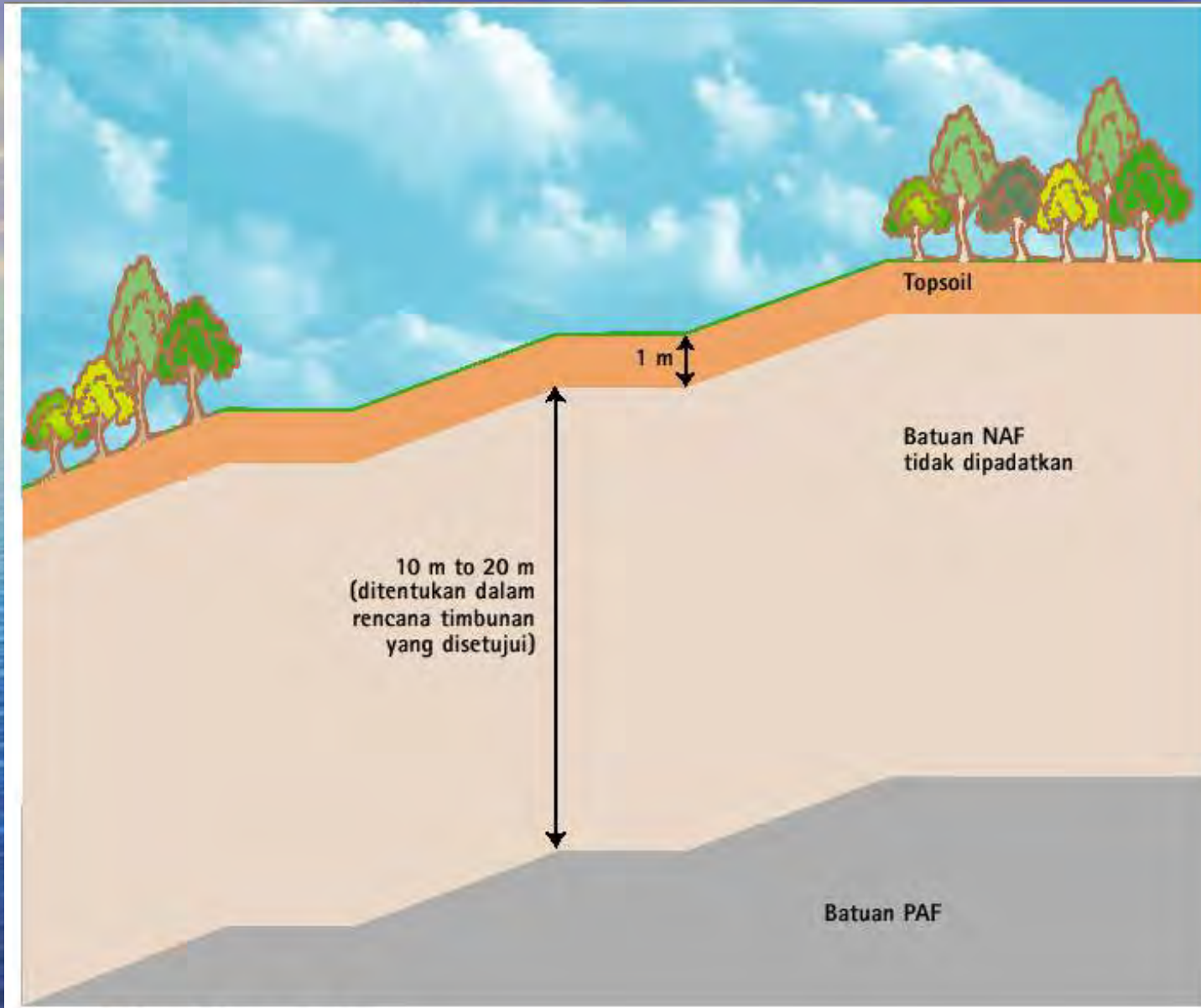




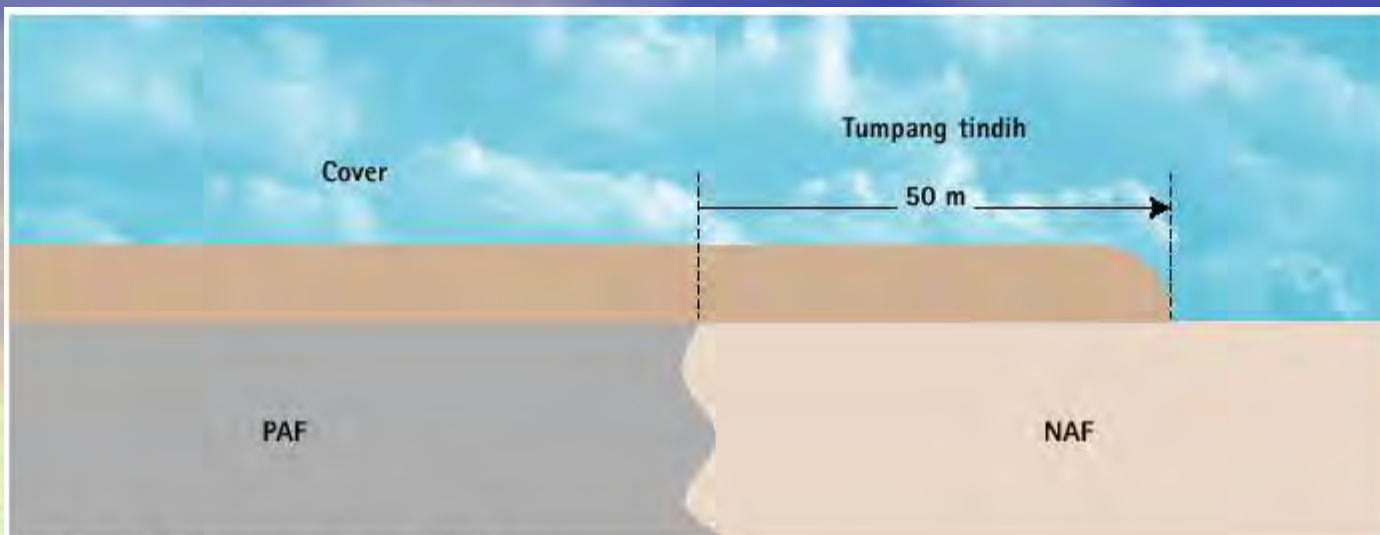
Penutup tanah liat setebal 1 m dipadatkan



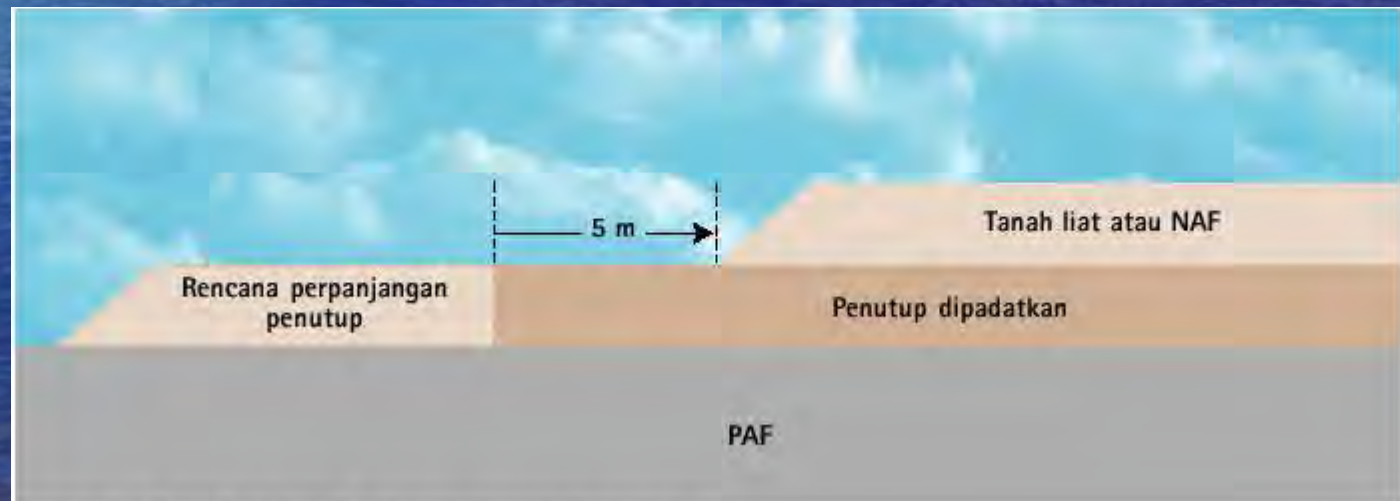
Batuan penutup (NAF) setebal 2 m dipadatkan



Penutup batuan (NAF) tidak dipadatkan



Persyaratan tumpang tindih



Jarak berhenti dari batas sementara lapisan penutup