

ESTIMASI KURVA RETENSI AIR PADA BATUAN PENUTUP TAMBANG BATUBARA

Yoessi Oktarini¹, Rudy Sayoga Gautama², Muhammad Sonny Abfertia wan³, Bayu Agustian⁴

¹) Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Syiah Kuala

²) Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung

³) Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

⁴) Balai Wilayah Sungai Sumatera -I

Email : yoessi@unsyiah.ac.id

ABSTRAK

Salah satu kegiatan penambangan batubara adalah penggalian batuan penutup. Batuan ini umumnya tidak bernilai ekonomis yang membungkus atau mengelilingi sebuah cadangan mineral atau batubara. Batuan penutup yang mengandung mineral sulfida sangat rentan terhadap air karena dapat membentuk air asam tambang (AAT) yang dapat mengurangi kualitas lingkungan. Oleh karena itu, keberadaan air perlu diminimalisasi di dalam timbunan batuan penutup. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kurva retensi air tanah (WRC) pada model lapisan timbunan batuan penutup. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil model timbunan batuan penutup yang terletak pada tambang batubara di PT. Berau Coal, Kalimantan Timur. Objek yang diteliti adalah lapisan permukaan timbunan dengan ketebalan 30 cm. Kadar air dibaca dengan menggunakan sensor dengan skala waktu. Hasil penelitian diperoleh kurva retensi air tanah (WRC) pada timbunan batuan penutup memiliki karakteristik yang mendekati material pasir yang memiliki daya serap yang besar dan daya tarik menarik antara partikel batuan dan air yang tinggi.

Kata kunci : batuan penutup, aliran air, retensi air tanah

1. PENDAHULUAN

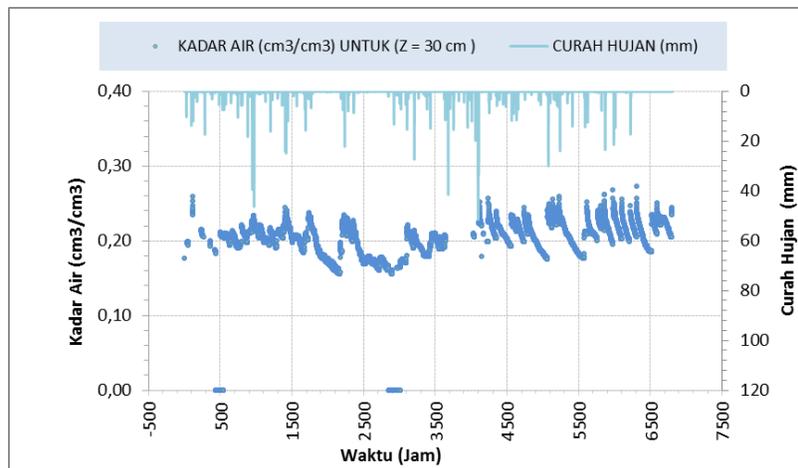
Batuan penutup merupakan salah satu produk sampingan dari kegiatan penambangan batubara. Batuan ini umumnya tidak bernilai ekonomis yang membungkus atau mengelilingi sebuah cadangan mineral atau batubara. Batuan penutup dipindahkan dari lokasi tambang ke dalam truk dengan menggunakan alat muat dan kemudian diangkut ke tempat lain yang ditentukan sebagai lokasi timbunan (Alimano, 2011). Batuan penutup mengandung mineral sulfida yang umumnya berjenis pirit, dan sering membentuk air asam tambang (AAT). Air asam tambang adalah air pada kegiatan penambangan atau penggalian yang bersifat asam atau memiliki keasaman tinggi dan terbentuk sebagai akibat teroksidasinya mineral sulfida disertai keberadaan air (Gautama, 2014). AAT dapat melarutkan logam berat dan menurunkan kualitas lingkungan.

Air merupakan faktor penting yang harus diminimalisasi keberadaannya di dalam timbunan batuan penutup. Pada saat hujan terjadi, sebagian hujan akan menjadi limpasan permukaan dan kemudian akan berkumpul di daerah yang lebih rendah. Sebagian lagi akan meresap masuk ke dalam permukaan tanah, salah satunya permukaan timbunan. Aliran air yang melewati lapisan timbunan batuan penutup umumnya memiliki sifat aliran air pada zona tidak jenuh (*unsaturated zone*). Zona tidak jenuh merupakan lapisan dimana terjadinya proses infiltrasi air hujan. Air hujan sebagian akan terinfiltrasi dan mengalir di antara butiran material batuan dan sebagian akan tertahan oleh partikel-partikel batuan dan akan menguap kembali ke atmosfer, dan sebagian lagi akan terus meresap dan mengisi pori-pori kecil batuan dan membentuk lapisan air pada permukaan butiran batuan dan pada akhirnya masuk ke *water table* menjadi air tanah.

Proses meresapnya air ke dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya kemampuan pori-pori tanah untuk menyimpan air yang disebut retensi air tanah atau *water retention curve* (WRC). WRC merupakan variasi simpanan air yang terdapat di dalam pori makro dan pori mikro di dalam tanah, terhadap *matric suction* (Fredlund dan Rahardjo, 1993). Salah satu model empiris yang digunakan dalam menentukan parameter hidraulik tanah adalah model van Genuchten. Model van Genuchten merupakan persamaan WRC yang paling banyak digunakan dalam menentukan parameter hidraulik tanah karena model tersebut dapat mengintegrasikan data pengukuran secara fleksibel (Bachmaier, 2010). Kurva retensi air pada batuan penutup batubara perlu dikaji sebagai langkah awal dalam mitigasi terhadap dampak lingkungan akibat pembentukan AAT. Pembentukan AAT sangat dipengaruhi oleh keberadaan air pada batuan penutup yang mengandung mineral sulfida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kurva retensi air tanah (WRC) pada model lapisan timbunan batuan penutup, sebagai upaya awal untuk memahami perilaku aliran pada timbunan batuan penutup dan mitigasi terhadap pencemaran lingkungan yang dapat ditimbulkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada model timbunan batuan penutup yang berlokasi di salah satu tambang batubara, PT. Berau Coal, Kalimantan Timur. Model timbunan batuan penutup yang ditinjau memiliki luas 144 m² dengan ketinggian puncak timbunan 2,5 m dari permukaan tanah. Kemiringan sudut timbunan adalah 36°. Secara umum, model timbunan terdiri dari tiga lapisan yaitu material PAF, NAF dan top soil. Data kadar air yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil pembacaan sensor di dalam timbunan, sedangkan data curah hujan yang diperoleh merupakan curah hujan yang diukur dengan alat penakar hujan yang dipasang di atas timbunan.



Gambar 1. Hasil pembacaan kadar air dan curah hujan *times series*

Alat pengukur atau sensor yang digunakan untuk mengukur kadar air adalah Decagon 5TM. Decagon 5TM merupakan alat pembaca kadar air dengan hasil pembacaan yang akurat. Langkah awal dalam menentukan kurva retensi air tanah adalah dengan membagi segmen-segmen waktu tertentu dari kadar air pengukuran *times series*. Tujuan pembagian segmen ini adalah agar mempermudah dalam mengidentifikasi kurva retensi air tanah dari timbunan batuan penutup. Adapun segmen waktu kadar air yang diteliti sebagai berikut:

Tabel 1. Segmen waktu dari grafik kadar air

Segmen	Waktu (jam ke-)
I	1743 - 2211
II	4356 - 4562
III	4800 - 5070
IV	5271 - 5594
V	6311 - 6527

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Parameter Hidraulik

Dalam penelitian ini beberapa parameter hidraulik tanah dan batuan penutup yang telah diperoleh oleh para peneliti digunakan sebagai pendekatan awal untuk memperoleh gambaran mengenai posisi dan karakteristik awal material yang diteliti, hal ini dikarenakan masih terbatasnya informasi mengenai parameter batuan penutup tambang (Noel, 2012).

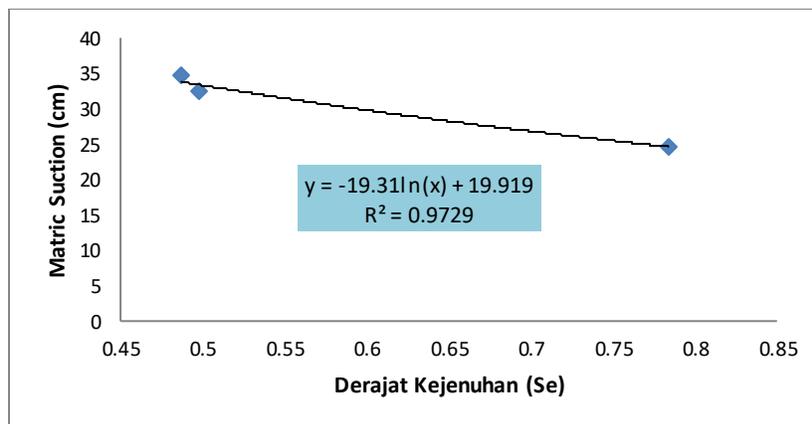
Tabel 2. Parameter hidraulik material referensi

Kode	Nama Peneliti	Jenis Material	Parameter van Genuchten			
			θ_r (cm ³ /cm ³)	θ_s (cm ³ /cm ³)	α (cm ⁻¹)	β
UN1	UNSODA	Sand	0,058	0,37	0,035	3,19
WR1	Aubertin	Sand	0,065	0,25	0,033	1,89
WR2	Keller	Gravel	0,048	0,315	0,131	1,911

Pada Tabel 2, nilai parameter hidraulik sand berasal dari database UNSODA yang diperoleh dari pengamatan terhadap 126 sampel sand. Parameter hidraulik *Waste Rock 1* (WR 1) diteliti oleh Aubertin, dkk (2011) pada timbunan batuan penutup. WR 1 merupakan material pelapis timbunan batuan penutup dengan tekstur material sand. Sementara parameter hidraulik *Waste Rock 2* (WR 2), merupakan parameter hidraulik batuan yang digunakan Keller (2015) dalam melakukan pemodelan aliran air di dalam timbunan batuan penutup dengan tekstur *coarse materials*.

3.2 *Matric Suction*

Matric suction pada zona tidak jenuh dikontrol oleh efek kapilaritas dan daya serap air (Richard, 1974). Pori-pori diantara partikel tanah merupakan representasi daya kapiler untuk tiap bidang kontak antara air dan permukaan partikel tanah. Oleh karena itu *matric suction* dapat dianggap sebagai efek tekanan permukaan di dalam massa tanah. *Matric suction* sangat terkait dengan faktor geometri seperti ukuran pori, bentuk pori dan distribusi pori (Fredlund dan Rahardjo, 1993). Untuk menentukan besar nilai *matric suction* dari nilai derajat kejenuhan tanah penutup, maka dibuat suatu hubungan yang dapat memberikan gambaran mengenai besar *matric suction* terhadap simpanan air (derajat kejenuhan) pada material batuan penutup. Hubungan tersebut dibangun dari parameter hidraulik batuan penutup yang telah diteliti oleh Aubertin dkk (2011) untuk WR 1 dengan material sand (WR1) dan Keller (2015) dengan *coarse material* (WR 2). Pemilihan parameter hidraulik tanah oleh Aubertin dkk (2011) dan Keller (2015) didasari oleh keberagaman material dari sand (WR 1) sampai *coarse materials* (WR 2). Hubungan derajat kejenuhan efektif dan *matric suction* untuk sand, WR 1 dan WR 2 digambarkan sebagai berikut :

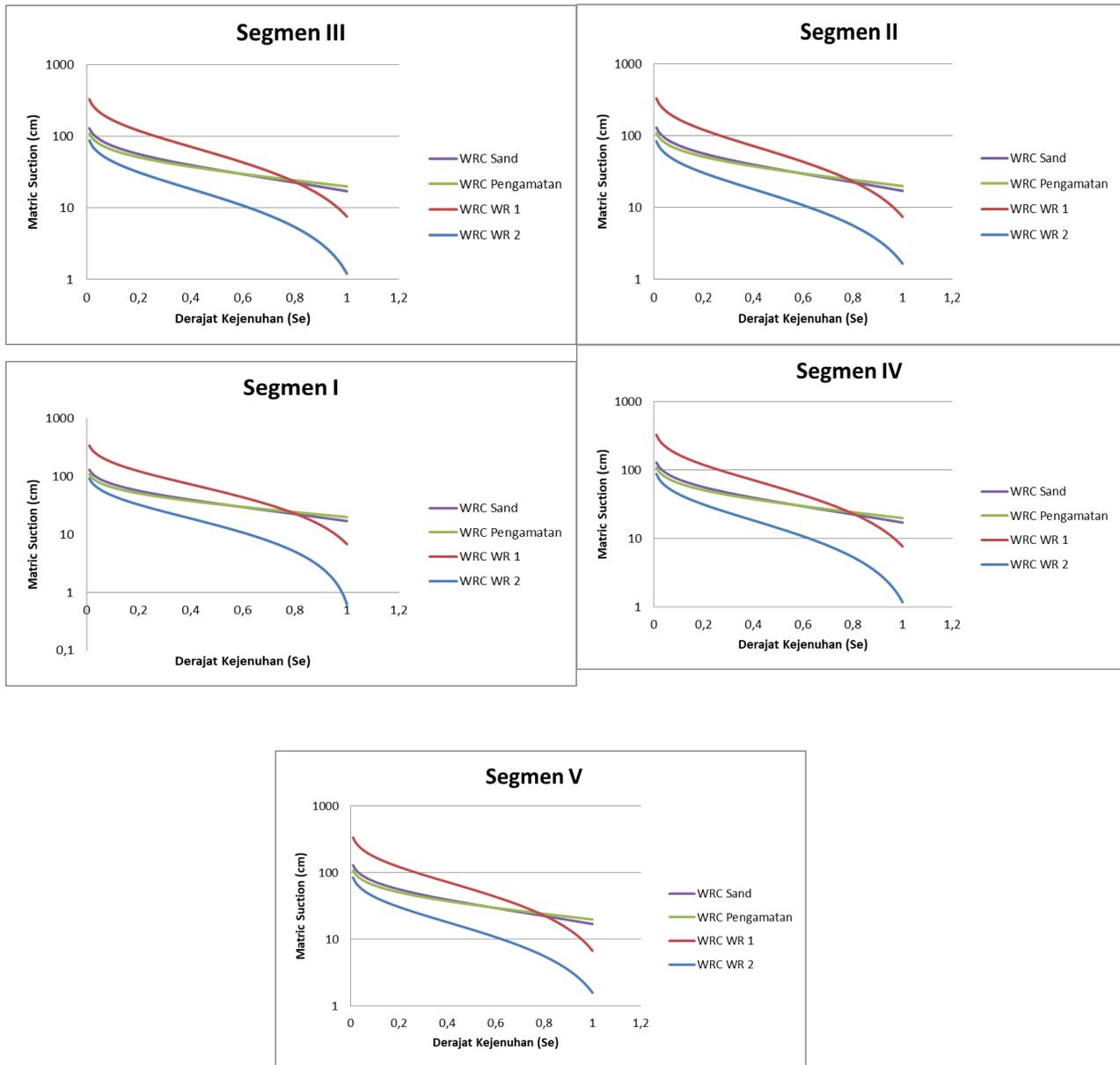


Gambar 2. Hubungan antara nilai *matric suction* dan derajat kejenuhan

Dari grafik pada Gambar 3 di atas diperoleh hubungan antara *matric suction* (ψ) dan derajat kejenuhan efektif (S_e) yaitu: $-19,31 \ln(x) + 19,919$. Dari hubungan persamaan tersebut maka besar *matric suction* untuk kadar air lapangan setiap waktunya diketahui.

3.3 Kurva Retensi Air

Dari perhitungan derajat kejenuhan efektif dan *matric suction* untuk material lapisan tanah timbunan, pasir, WR 1 dan WR 2, maka dapat digambarkan kurva retensi air untuk masing-masing material sebagai berikut:



Gambar 3. Kurva retensi air pada setiap segmen waktu

Dari Gambar 3 diatas diperoleh bahwa gradien hubungan grafik derajat kejenuhan dan matric suction untuk setiap material berbeda. Hal ini karena adanya variasi ukuran partikel antara material satu dan lainnya. WR 2 merupakan material yang memiliki butiran yang lebih besar dibandingkan material yang lain. Material WR 2 tidak dapat menahan air di antara pori-porinya ($\psi=0$), namun air yang mengalir melalui butiran-butiran WR 2 mengikuti gaya gravitasi. Hal ini dikarenakan partikel tanah atau batuan yang berukuran besar mempunyai pori-pori yang lebih besar dibandingkan butiran yang kecil. Pori-pori yang besar menyebabkan gaya kapiler (daya serap) tarik menarik antar permukaan tanah dan air lemah, sehingga yang dominan terjadi adalah aliran gravitasi (Bouma, 1977). Dari Gambar 3 juga terlihat bahwa daya serap yang terjadi pada material *sand* dan lapisan tanah penutup lebih besar dibandingkan material WR 2, yang ditandai dengan masih tingginya tekanan air (*matric suction*) yang terjadi akibat besarnya gaya kapiler yang terjadi yaitu daya tarik menarik antara partikel tanah dengan air di dalam lapisan tanah penutup.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa karakteristik kurva retensi air tanah sangat berkorelasi dengan ukuran butir material. Semakin besar ukuran butiran, maka ketahanan air pada material tersebut sangat lemah, dan sebaliknya. Pada batuan berbutir halus, pergerakan air dipengaruhi gaya kapiler (daya tarik menarik antara butiran tanah dan air). Untuk material yang diteliti berupa batuan penutup diperoleh karakteristik kurva retensi air tanah yang mendekati material pasir, yang memiliki daya serap yang besar dan daya tarik menarik antara partikel batuan dan air yang tinggi. Diperlukan penelitian lanjutan terhadap parameter hidraulik lainnya agar diperoleh gambaran yang jelas mengenai perilaku aliran di dalam timbunan batubara.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada PT. Berau Coal atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian pada Site Lati Mine Operation (LMO).

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alimano, Marsen.,(2011), Konsep Pedoman Pengelolaan Penimbunan Batuan Penutup di Pertambangan Mineral Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung
- Aubertin, Michel., Rachid, Intisar.,(2011), *A Combined Hydrogeology-Geophysical Approach to Evaluate Unsaturated Flow in A Large Waste Rock Pile*, Pan-Am CGS Geotechnical Conference, Canada.
- Aubertin, M Mbonimpa.,B.Bussiere.,Chapus.,(2003), *A physically-based model to predict the water retention curve from basic geotechnical properties*, Canadian Geotechnical Journal, Canada.
- Bachmaier.,(2010), *Correlation Between Volumetric Water Content and Water Movement in a Soil Column Experiment*, Master Thesis, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna
- Bouma, J., (1977). *Soil survey and the study of water in unsaturated soil. Simplified theory and some case studies*. Soil Survey Papers, Netherlands Soil Survey Institute, Wageningen
- Fredlund dan Rahardjo.,(1993), *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*, John Wiley & Sons, Inc, Canada
- Gautama, R.S., (2014), Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mine Drainage), Penerbit ITB, Bandung.
- Keller, Jason dan Milczarek.,(2015), *Water Balance Modeling of Preferential Flow in Waste Rock Materials*, ICARD International Conference on Acid Rock Drainage 2015, USA.
- Miyazaki, T.,(2006), *Water Flow in Soils*, Second Edition, Marcel Dekker, Inc. New York
- Noel.,(1999), *Some Physical Properties of Water Transport in Waste Rock Material*, International Mine Water Assosiation, IMWA Congress, Sevilla, Spain.

Russell., (2004), Practical Handbook of Soil, *Vadose Zone and Ground Water Contamination : Assessment, Prevention and Remediation*, CRC Press LLC, United States of America.

Van Genuchten, M. Th. (1980), *A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils*, Soil Science Society of American Journal, 44, pp: 892-898.