

HIDROGEOLOGI PRA PENAMBANGAN BATUBARA BLOK 28, 29, 30 PT. TRUBAINDO COAL MINING, KECAMATAN DAMAI, KABUPATEN KUTAI BARAT, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

(Hydrogeology Premining Coal Blocks 28, 29, 30 PT. Trubaindo Coal Mining Damai District, West Kutai Regency, East Borneo Province)

Gampang Toha¹, Shalaho Dina Devy¹, Koeshadi Sasmito²
Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman¹
Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman²
kampredtoha27@gmail.com

Abstrak

Airtanah merupakan sumberdaya alam yang sangat penting bagi manusia. Semua orang tahu, bahwa tanpa air maka tidak akan ada kehidupan. Pada dasarnya, selain pertambangan batubara memberikan manfaat ekonomi langsung, tidak dipungkiri pertambangan juga berpotensi menyebabkan gangguan lingkungan, termasuk fungsi lahan dan hutan. Oleh karena itu, untuk dapat mengetahui dan memahami kondisi hidrogeologi pra penambangan batubara blok 28, 29, 30 PT. Trubaindo Coal Mining, kecamatan Damai, kabupaten Kutai Barat, provinsi Kalimantan Timur, maka dilakukan analisis hidrologi dan hidrogeologi. Hasil analisis hidrologi daerah penelitian dengan luas daerah aliran sungai 16 km² memiliki curah hujan rata-rata tahunan 2416,5 mm/Tahun dan temperatur rata-rata tahunan 29,5 °C. Daerah penelitian mayoritas kawasan hutan memiliki nilai evapotranspirasi 1146,6 mm/Tahun dengan air limpasan 369,6 mm/Tahun serta imbuhan 900,3 mm/Tahun. Selain itu, hasil analisis hidrogeologi didapatkan jenis akuifer bocor dan akuifer tertekan serta interaksi airtanah sebagai daerah imbuhan dengan aliran yang menerima air dari zona kejenuhan.

Kata Kunci : Airtanah, Hidrologi, Hidrogeologi

Abstract

Groundwater is a very important natural resource for humans. Everyone knows that without water there is no life. Basically, in addition to coal mining provides direct economic benefits, no doubt the mining potential to cause environmental problems, including land use and forest. Therefore, to be able to know and understand the hydrogeologic conditions of premining coal blocks 28, 29, 30 PT. Trubaindo Coal Mining, Damai district, Kutai Barat regency, East Kalimantan province, hydrological and hydrogeological analysis is needed. Results of the hydrological analysis proves that the research area with an 16 km² of watershed area has an annual average rainfall of 2416,5 mm/year and annual average temperature of 29,5 °C. A forest area that has a value of evapotranspiration 1146,6 mm/year with surface runoff 369,6 mm/year and groundwater recharge 900,3 mm/year. Then the results of hydrogeological analysis in obtaining the type of leaky aquifer and confined aquifer as well as groundwater interaction as an recharge area with the flow that gaining stream.

Keywords : Groundwater, Hydrology, Hydrogeology

PENDAHULUAN

Airtanah merupakan sumberdaya alam yang sangat penting bagi manusia. Pada dasarnya, selain pertambangan batubara memberikan manfaat ekonomi langsung, tidak dipungkiri pertambangan juga berpotensi menyebabkan gangguan lingkungan, termasuk fungsi lahan dan hutan. Pemanfaatan lahan untuk kegiatan penambangan secara langsung akan mempengaruhi ketersediaan airtanah yang merupakan sumber terbesar air tawar sebagai air minum. Oleh karena itu, untuk dapat mengetahui dan memahami kondisi hidrogeologi pra penambangan Batubara blok 28, 29, 30 PT. Trubaindo Coal Mining, Kecamatan Damai, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan

Timur, maka dilakukan analisis hidrologi dan hidrogeologi.

METODOLOGI PENELITIAN

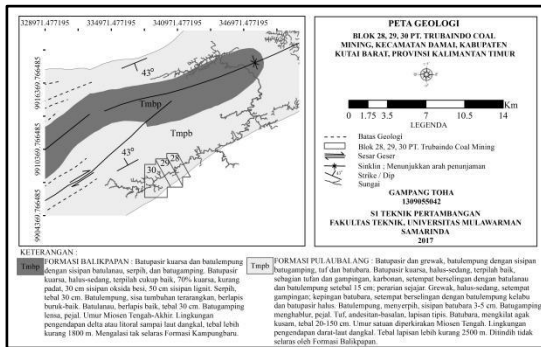
Pengambilan data yang paling sesuai dengan metode eksperimen semu adalah penelitian yang berbasis survei, pendekatan sampling, analisis kualitatif, analisis kuantitatif, dan analisis deskriptif. Adapun urutan tahapan-tahapan metode penelitian ini terdiri dari pra-lapangan, lapangan, pascalapangan, dan hasil akhir. Penelitian ini membahas tentang hidrogeologi pra penambangan Batubara blok 28, 29, 30 PT. Trubaindo Coal Mining, kecamatan Damai, kabupaten Kutai Barat, provinsi Kalimantan Timur. Analisis yang

dilakukan menitikberatkan pada imbunan airtanah, jenis akuifer, interaksi airtanah dengan air sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi Regional Daerah Penelitian

Van Bemmelen (1949) mengungkapkan, secara fisiografis Kutai Barat masuk dalam Zona Cekungan Kutai. Sementara itu Supriatna dkk (1995) berpendapat, stratigrafi Cekungan Kutai ditandai oleh beberapa pengendapan formasi batuan dengan pemerian yang khas dari lingkungan daratan hingga laut dangkal (Devy, 2015).



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian (Supriatna dkk, 1995)

Struktur geologi yang berkembang daerah model penelitian berupa lipatan sinklin, yaitu Sinklin Lampanan, yang dipengaruhi oleh fisiografi dari Antiklinorium Samarinda yang terdapat sesar-sesar kecil yang mengakibatkan terjadinya perpotongan perlapisan batuan. Lokasi model penelitian berada di tengah-tengah sumbu lateral sinklin yang membujur diagonal dari arah barat daya ke timur laut. Struktur lipatan sinklin mempunyai arah kemiringan jurus (*strike*) sebesar N 40° - 50° E dengan kemiringan perlapisan (*dip*) sebesar 16° - 25° yang berlokasi sebelah utara. Sementara itu, pada sebelah selatan mempunyai arah *strike* N 180° - 190° E dengan *dip* 20° - 26° (Devy, 2015).

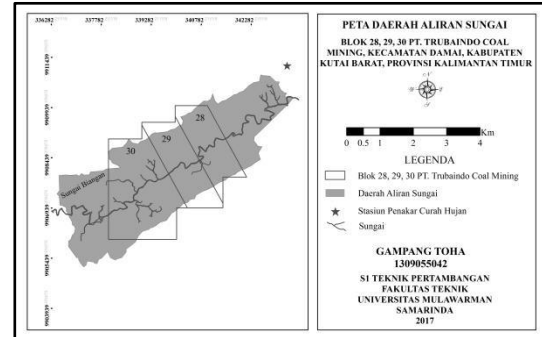
Tabel 1. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian

Era	Umur (kala)	Formasi	Tebal (m)	Litologi	Deskripsi	Lingkungan Pengendapan
T E R S I E R	Miosen Akhir	Bahilpapan (Tmbp)	3000	Batupasir kuarsa Batupasir lanau Batulanau sepih barasepih		Delta
	Miosen Tengah	Pulanbalang (Tmpb)	2750	Batulempung barubara Batulanau Gresak Batupasir kuarsa Batugamping Batulempung Tufa dendatik Sepih barubara		Darat hingga laut dangkal

Sumber : Supriatna dkk (1995) dalam Devy (2015)

Curah Hujan

Data curah hujan tahunan berasal dari stasiun penakar curah hujan PT. Trubaindo Coal Mining. Letak stasiun penakar curah hujan berada di dalam daerah aliran sungai (DAS) yang sama dengan lokasi penelitian blok 28, 29, 30 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Daerah Aliran Sungai

Curah hujan bulanan PT. Trubaindo Coal Mining memiliki nilai tertinggi 504,5 mm/Tahun pada bulan April tahun 2016 dan nilai terendah 7 mm/Tahun pada bulan Oktober tahun 2014. Dengan rata-rata curah hujan tahunan 2416,5 mm/Tahun dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Curah Hujan

Curah Hujan Bulanan (mm) PT. Trubaindo Coal Mining						
Bulan/Tahun	2012	2013	2014	2015	2016	
Januari	346,05	255,3	190,62	259,6	119,5	
Februari	287,5	248	147,8	192,5	364,5	
Maret	370,5	302,5	293,39	186	393,5	
April	304,5	348	470,79	231	504,5	
Mei	265	277	82	95	143,5	
Juni	115,5	35	132	159,5	108	
Juli	134,5	163	76,6	20,5	307,5	
Agustus	67,25	181,5	127	14	56,5	
September	37,5	123,05	64	53,5	254,5	
Oktober	72,5	172,5	7	55,5	372	
Nopember	185,7	478,7	238,5	195,5	263	
Desember	211,8	199,87	225,5	299,5	195,5	
Rata-rata perbulan	199,9	232	171,3	146,8	256,9	
Jumlah pertahun	2398,3	2784,4	2055,2	1762,1	3082,5	
Rata-rata pertahun						2416,5

Sumber : Departemen Mine Plan PT.Trubaindo Coal Mining

Evapotranspirasi

Evapotranspirasi (ETr) adalah jumlah air total yang dikembalikan lagi ke atmosfer dari permukaan tanah, badan air, dan vegetasi oleh adanya pengaruh faktor-faktor iklim dan fisiologis vegetasi. Sesuai dengan namanya, evapotranspirasi juga merupakan gabungan antara proses-proses evaporasi, Intersepsi, dan transpirasi (Asdak, 2014).

Evapotranspirasi adalah evaporasi dari permukaan lahan yang ditumbuhi tanaman. Berkaitan dengan tanaman, evapotranspirasi adalah sama dengan kebutuhan air konsumtif yang didefinisikan sebagai penguapan total dari lahan dan air yang diperlukan oleh tanaman. Dalam praktek hitungan evaporasi dan transpirasi

dilakukan secara bersama-sama (Triatmodjo, 2008).

Temperatur tahunan PT. Trubaindo Coal Mining berada pada kisaran 27°C - 32°C, kemudian di rata-ratakan menjadi 29,5°C dengan rata-rata curah hujan tahunan 2416,5 mm/Tahun.

Menurut Putra (2007), untuk menghitung evapotranspirasi nyata dengan menggunakan rumus :

$$ETr = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{(300 + (25 \times Tm) + (0,05 \times Tm^3)^2)}}$$

$$ETr = \frac{2416,5}{\sqrt{0,9 + \frac{2416,5^2}{(300 + (25 \times 29,5) + (0,05 \times 29,5^3)^2)}}$$

ETr = 1146,6 mm/Tahun

Dapat dilihat pada hasil perhitungan di atas bahwa dengan kondisi yang ada pada lokasi penelitian didapatkan nilai evapotranspirasi sebesar 1146,6 mm/Tahun.

Limpasan Air Permukaan/Runoff

Apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu DAS melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah. Limpasan permukaan (*surface runoff*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit-parit dan selokan-selokan yang kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai (Triatmodjo, 2008).

Luas daerah aliran sungai yang di peroleh pada daerah penelitian adalah 16 km² dengan temperatur rata-rata tahunan 29,5°C dan rata-rata curah hujan tahunan 241,65 cm/Tahun.

Menurut Putra (2007), untuk menghitung limpasan air permukaan (*runoff*) menggunakan rumus :

$$Ro = \frac{1,511 \times P^{1,44}}{Tm^{1,34} \times A^{0,0613}}$$

$$Ro = \frac{1,511 \times 241,65^{1,44}}{29,5^{1,34} \times 16^{0,0613}}$$

Ro = 36,96 cm/Tahun
Ro = 369,6 mm/Tahun

Dari hasil perhitungan yang di peroleh, menjelaskan bahwa jumlah air limpasan yang dapat bertahan di permukaan atau mengalir sebagai bagian dari proses siklus hidrologi adalah sebesar 369,6 mm/Tahun.

Imbuan Airtanah

Proses hidrogeologi yang terjadi dalam cekungan airtanah, meliputi imbuan, pengaliran dan pelepasan airtanah. Setiap kejadian hidrogeologis tersebut berlangsung pada daerah yang berbeda. Imbuan terjadi di daerah imbuan (*recharge area*) dan pelepasan airtanah terjadi di daerah lepasan (*discharge area*) sedangkan proses pengaliran terjadi di kedua daerah tersebut, namun lebih khusus terjadi di daerah transisi antara daerah imbuan dan lepasan (Kodoatie, 2012).

Daerah imbuan airtanah atau yang lebih populer disebut sebagai daerah resapan, adalah daerah resapan air yang mampu menambah airtanah secara alamiah pada cekungan airtanah. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa tidak semua daerah yang mampu meresapkan air hujan ke dalam tanah otomatis merupakan daerah imbuan (Kodoatie, 2012).

Menurut Putra (2007), metode perhitungan imbuan airtanah untuk daerah tropis dengan curah hujan tinggi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$U = P - ETr - Ro$$

$$U = 2416,5 - 1146,6 - 369,6$$

$$U = 900,3 \text{ mm/Tahun}$$

Dari hasil perhitungan yang diperoleh, menjelaskan bahwa jumlah air yang dapat meresap menjadi imbuan airtanah adalah sebesar 900,3 mm/Tahun.

Jenis Akuifer

Pergerakan airtanah merupakan bagian dari siklus hidrologi. Pergerakan airtanah di mana umumnya air bergerak dengan aliran relatif lambat atau dalam kondisi laminar dapat dianalisa dengan menggunakan hukum Darcy dengan konsep kekekalan massa (konservatisi) dan hukum Darcy. Dalam hal ini hukum Darcy yang diperluas untuk kondisi tidak jenuh dan untuk dua dimensi akan digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan persamaan dasar aliran airtanah (Notodarmojo, 2005).

Dilihat dari kondisi kadar airnya, aliran airtanah dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Aliran dalam kondisi airtanah jenuh (*saturated*),
- b. Aliran airtanah dalam kondisi airtanah tidak jenuh (*unsaturated*).

Perbedaan utama dari aliran dalam kondisi jenuh dan tidak jenuh adalah pada nilai permeabilitasnya. Pada tanah homogen, nilai permeabilitasnya atau dalam hal ini konduktivitas hidrolik, dianggap konstan. Hal ini tidak terjadi pada aliran tidak jenuh, di mana konduktivitas hidrolik tergantung dari kadar air. Selain itu, pada aliran tidak jenuh, disfusivitas air yang ikut ke dalam pergerakan air, terutama pergerakan front

basah (*wetting front*) juga merupakan fungsi dari kadar air (Notodarmojo, 2005).

Aliran yang terjadi pada kondisi tidak jenuh yang akan terjadi dalam zona aerasi (zona tidak jenuh) menjadi penting, karena dalam zona tersebut terjadi reaksi antara kontaminan atau pencemar dengan partikel tanah, karena tanah pada zona permukaan umumnya lebih reaktif. Selain itu, proses biologis secara intensif terjadi dalam zona itu. Sedangkan aliran airtanah untuk kondisi jenuh, walaupun arahnya dapat vertikal maupun horizontal, tetapi secara regional aliran airtanah tersebut didominasi oleh arah horizontal. Di samping itu, aliran yang bersifat regional juga terjadi pada kondisi jenuh (Notodarmojo, 2005).

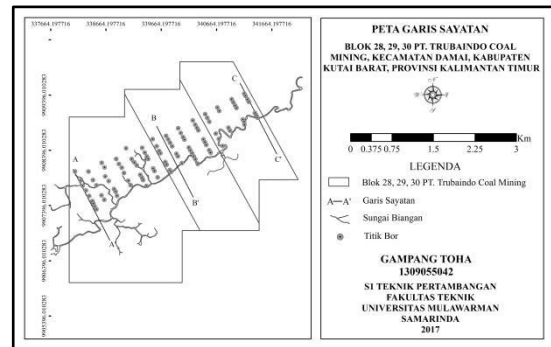
Dengan pertimbangan di atas, dalam bagian ini akan dibahas aliran dalam kondisi jenuh dan aliran yang terjadi dalam zona vadose (tidak jenuh). Sedangkan untuk zona jenuh akan dibagi menjadi :

- Aliran dalam akuifer tertekan (*confined*), yaitu aliran dalam akuifer yang dibatasi oleh lapisan kedap air pada atas dan bawahnya.
- Aliran dalam akuifer semi tertekan, yaitu aliran yang terjadi dalam akuifer yang bocor (*semi confined*), di mana lapisan yang membatasi akuifer tersebut tidak sepenuhnya kedap air (*semi pervious*).
- Aliran dalam akuifer bebas (*phreatic*) yaitu aliran yang terjadi dalam akuifer yang mempunyai permukaan air yang tidak bertekanan.

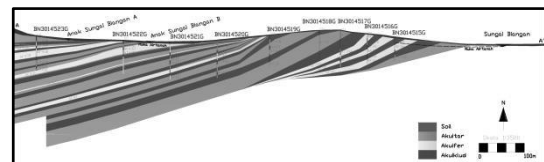
Analisis jenis akuifer menggunakan tiga penampang sayatan yang kemudian didapatkan jenis akuifer bocor (*leaky aquifer*) dan jenis akuifer tertekan (*confined aquifer*).

Hasil analisis jenis akuifer bocor (*leaky aquifer*) didapatkan pada kode hidrostratigrafi AF43A, AF43C, AF42, AF41, AF40, AF39, AF39A, AF36, AF34, AF30, AF28, dan AF28A di mana terdapat lapisan akuifer yang dibatasi oleh lapisan akuitar pada bagian atas dan atau pada bagian bawahnya dapat dilihat pada lampiran 4, 5 dan 6.

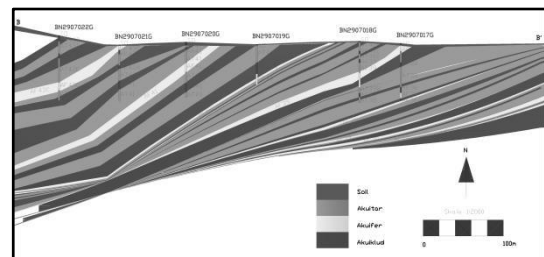
Hasil analisis jenis akuifer tertekan (*confined aquifer*) didapatkan pada kode hidrostratigrafi AF43B, AF40, AF39, AF39A, AF38, dan AF36 di mana terdapat lapisan akuifer yang dibatasi oleh lapisan akuiklud pada bagian atas dan bawahnya dapat dilihat pada lampiran 4 dan 6.



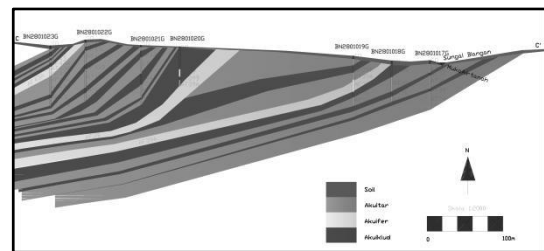
Gambar 3. Peta Garis Sayatan



Gambar 4. Penampang Sayatan A-A'



Gambar 5. Penampang Sayatan B-B'



Gambar 6. Penampang Sayatan C-C'

Interaksi Airtanah Dengan Air Sungai

Pada kondisi alami, sebagian besar akuifer mengeluarkan air secara langsung dan tidak langsung ke sungai atau laut melalui rembesan dan mata air. Hal ini sangat berbeda dengan luahan buatan di mana manusia mengintervensi daur alami pergerakan airtanah (Kodoatie, 2012).

Luahan airtanah biasanya menjadi aliran dasar dari sungai, atau keluaran dari lapisan tidak tertekan atau akuifer artesian yang membatasi sungai, yang dapat melepaskan air dengan pelan sesuai perbedaan tinggi air. Kontribusi airtanah untuk aliran sungai yang paling menentukan adalah pada saat musim kemarau, saat limpasan berkurang sebagai akibat dari kekurangan kadar airtanah. Selama musim panas, aliran sungai dengan proporsi tinggi didapat dari sumber

airtanah. Pada kenyataannya, kontribusi airtanah menambah aliran sungai pada musim tersebut, sehingga menghindari sungai tersebut dari kekeringan. Sungai yang dapat mempertahankan aliran yang terus menerus sepanjang tahun disebut sebagai sungai ajek (*perenid*), sedangkan sungai yang kering secara periodik dikenal sebagai sungai musiman (*ephemeral atau intermiten*) (Kodoatie, 2012).

Daerah yang lebih tinggi merupakan daerah tangkapan atau pengisian (*recharge area*) dan daerah yang lebih rendah merupakan daerah pelepasan atau pengeluaran (*discharge area*). Aliran airtanah dan aliran permukaan tidaklah dipandang secara parsial, dalam arti airtanah punya jalur sendiri dan air permukaan punya jalur sendiri. Bisa saja dalam perjalanannya menuju laut ada airtanah keluar dari jalurnya dan bergabung dengan air permukaan (masuk sistem aliran sungai), dalam arti daerah pengeluarannya di sungai. Dengan demikian bisa dikatakan ada interaksi atau hubungan timbal balik antara airtanah dan sungai apabila dilihat sisi recharge dan discharge.

Salah satu hal yang patut digarisbawahi di sini, yakni pada pembahasan sebelumnya mengenai air permukaan dikatakan suatu daerah tangkapan atau daerah aliran sungai itu dibatasi oleh lereng atau punggung-punggung bukit. Jikalau airtanah batasannya adalah batas hidrogeologis (struktur batuan, perlapisan, lipatan, dll). Pada aliran permukaan dikenal istilah daerah aliran air sungai atau DAS, untuk aliran airtanah dikenal istilah CAT atau cekungan airtanah. Cekungan airtanah adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologi, tempat semua kejadian hidrogeologi, seperti proses imbuhan (*recharge*), pengaliran dan pelepasan air tanah berlangsung (*discharge*).

Tanpa gangguan manusia, cekungan airtanah akan mengisi dan mengeluarkan air yang berlebih melalui beberapa telusuran sampai keseimbangan semu. Sungai-sungai yang mempunyai muka air lebih rendah dari muka airtanah akan mendapat sumbangan (*recharge*) dari airtanah. Sungai-sungai yang memotong muka airtanah dan menerima aliran airtanah termasuk dalam sungai permanen.

Jika sungai yang elevasi muka airnya lebih tinggi dari muka airtanah (*water table*), maka sungai tersebut akan menyumbang ke airtanah (*discharge*). Sungai semacam ini termasuk dalam kategori sungai *ephemeral*, yakni sungai yang hanya mengalir pada saat musim penghujan. Jika hujan tidak terjadi dalam periode yang cukup panjang, sungai ini akan mengering akibat airnya telah mengalami perkolasi mengisi airtanah.

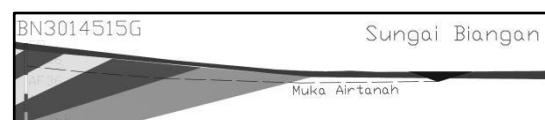
Sungai Biangan merupakan salah satu sungai yang mengalir melewati lokasi izin usaha pertambangan Batubara PT. Trubaindo Coal Mining yang kemudian bermuara pada hulu sungai Mahakam. Ketinggian muka air sungai Biangan relatif stabil, yang dibuktikan pada saat musim kemarau aliran air tidak mengalami kekeringan. Hasil pengambilan data di lokasi penelitian blok 28, 29, 30 PT. Trubaindo Coal Mining, didapatkan kedalaman muka air pada lubang hasil pemboran. Pada lubang bor BN3014515G yang berjarak 237 m dari sungai Biangan memiliki kedalaman muka air 13,14 m dari permukaan tanah. Kemudian pada lubang bor BN2801017G yang berjarak 14 m dari sungai Biangan memiliki kedalaman muka air 0,3 m dari permukaan tanah. Serta pada lubang bor BN3014522G yang berjarak 48 m dari anak sungai Biangan B memiliki kedalaman muka air 2,1 m dari permukaan tanah.

Hasil penampang sayatan A-A' muka air pada lubang bor BN3014515G berada pada elevasi 68,86 mdpl dengan muka air sungai Biangan berada pada elevasi 60 mdpl dan muka air pada lubang bor BN3014522G berada pada elevasi 72,8 mdpl dengan muka air anak sungai Biangan B berada pada elevasi 72 mdpl, sedangkan pada penampang sayatan C-C' muka air pada lubang bor BN2801017G berada pada elevasi 56,7 mdpl dengan muka air sungai Biangan pada elevasi 50,4 mdpl.

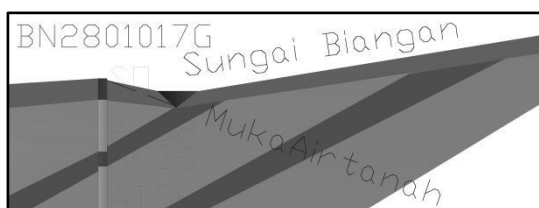
Analisis ketinggian muka air pada lubang bor BN3014515G, BN3014522G dan BN2801017G terhadap sungai Biangan dan anak sungai Biangan B berasal dari resapan/infiltrasi dari limpasan air permukaan lereng bukit yang selanjutnya mengalir ke muka air sungai Biangan melalui muka airtanah dapat dilihat pada gambar 7, 8 dan 9.



Gambar 7. Interaksi Muka Air Lubang Bor BN3014522G Dengan Anak Sungai Biangan B



Gambar 8. Interaksi Muka Air Lubang Bor BN3014515G Dengan Sungai Biangan



Gambar . Interaksi Muka Air Lubang Bor BN2801017G Dengan Sungai Biangan

Hasil analisis dapat disimpulkan bahwa interaksi antara airtanah dengan air sungai Biangan sebagai *recharge area* dan sebagai *gaining stream*. Hal tersebut karena muka air sungai Biangan mendapatkan pasokan dari limpasan air permukaan/*runoff* sepanjang daerah aliran sungai yang selanjutnya meresap ke dalam muka airtanah sehingga aliran air sungai Biangan dapat terus mengalir pada saat musim kemarau.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil perhitungan yang diperoleh menjelaskan bahwa jumlah air yang dapat diresap menjadi imbuhan airtanah sebesar 900,3 mm/Tahun.

Hasil analisis pada penelitian ini didapatkan jenis akuifer bocor (*leaky aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*) yang dibuktikan dengan beberapa penampang sayatan.

Hasil analisis pada penelitian ini disimpulkan interaksi antara airtanah dengan air sungai Biangan sebagai *recharge area* dan *gaining stream*.

Saran

Dilakukan terlebih dahulu analisis hidrogeologi pada setiap lokasi yang akan di tambang, agar kondisi airtanah yang akan dihadapi dapat diperkirakan sehingga perlakuan material pasca tambang dapat dimaksimalkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Trubaindo Coal Mining daerah operasi penambangan Kecamatan Damai, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur, yang telah memberikan bantuan teknis, supervisi, dan non teknis untuk operasional penelitian lapangan,

sehingga penelitian ini selesai sesuai dengan target rencana yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Devy, Shalaho Dina. 2015. *Hidrogeologi dan Permodelan Airtanah Daerah Penambangan Batubara Tambang Terbuka di Muara Lawa, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur*. Disertasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta (Tidak Diterbitkan)
- Irawan, D.E., dan Puradimaja, D.J. 2012. *Panduan Hidrogeologi Umum*. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. ITB.
- Kodoluan, Robert J. 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Penerbit ANDI Yogyakarta
- Notodarmojo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Penerbit ITB. Bandung
- Putra, Doni P.E., 2007. *The Impact of Urbanization on Groundwater Quality A Case Study in Yogyakarta City - Indonesia*. RWTH. Aachen
- Soewarno. 2015. *Analisis Data Hidrologi Menggunakan Metode Statistika dan Stokastik*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Suchy, D., Buchanan, R., dan Sophocleous, M. 2005. *Drilling a Water Well on Your Land: What You Should Know*. Kansas Geological Survey. Kansas
- Supriatna, S., Sudrajat, A., dan Abidin, H.Z. 1995. *Peta Geologi Lembar Muaratewe, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- USGS. <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Peta Topografi Citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Diakses 11 April 2017
- Wilson, E.M. 1993. *Hidrologi Teknik*. Penerbit ITB. Bandung
- Winter, T.C., Harvey, J.W., Franke, O.L., dan Alley, W.M. 1998. *Groundwater and Surface Water A Single Resources*. USGS. Colorado