

## PROSIDING TPT XXIII PERHAPI 2014

**VOID SAHABAT KITA: NILAI EKONOMI AIR VOID TAMBANG  
SEBAGAI AIR BAKU PT ADARO INDONESIA KALSEL**

Oleh:

Dr. Ir. Restu Juniah, MT

Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya

Jln. Raya Palembang Prabumulih Km 32 Inderalaya Sumsel

## ABSTRAK

*Void* atau kolam bekas galian komoditas tambang bagi kebanyakan orang khususnya masyarakat awam menjadi sesuatu yang menakutkan. Mendengar kata *void* terbayangkan oleh masyarakat awam sebuah kolam raksasa yang didalamnya terdapat air beracun yang dapat mencemari lingkungan dan kehidupan manusia. Pendapat tersebut menjadikan sebagian orang alergi terhadap industri pertambangan. Penelitian tahun 2013 di PT Adaro Indonesia bertujuan untuk mengkaji nilai ekonomi pemanfaatan air *void* tambang sebagai air baku. Penelitian secara survey dilakukan dengan pengamatan langsung di pertambangan batubara PT Adaro, dan kuesioner. Hasil penelitian menemukan pemanfaatan air *void* tambang sebagai air baku di PT Adaro selama umur tambang (tahun 1997-2023) memberi nilai ekonomi sebesar 2,17 triliun rupiah, yang merupakan nilai jasa lingkungan air *void* tambang sebagai air baku. Nilai ekonomi air *void* tambang sebagai air baku yang menjadi novelty atau keterbaruan dalam penelitian ini selain dapat digunakan oleh pemerintah, stakeholder, dan asosiasi pertambangan untuk mengetahui keekonomian dari pemanfaatan air *void* tambang sebagai air baku juga diharapkan dapat memberi wawasan terhadap pandangan yang ada selama terhadap keberadaan *void*. *Void* secara ekonomi memberi nilai jasa lingkungan yang sangat bermanfaat bagi lingkungan, masyarakat yang bermukim sekitartambang, dan perusahaan pertambangan. Hal ini apabila air *void* tambang dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai air baku.

**Kata Kunci:** Air *void* tambang sebagai air baku, Nilai air baku, Biaya air baku, Nilai jasa lingkungan

**I. PENDAHULUAN**

Pembangunan berwawasan lingkungan menjadi suatu kebutuhan penting bagi setiap bangsa dan negara yang menginginkan kelestarian sumberdaya alam. Oleh sebab itu, sumberdaya alam utamanya sumberdaya air yang menjadi parameter kunci daya dukung lingkungan perlu dijaga dan dipertahankan untuk kelangsungan hidup manusia kini, maupun untuk generasi yang akan datang.

Keberlanjutan lingkungan pertambangan menjadi isu utama pertambangan batubara secara terbuka, karena dampak yang ditimbulkannya terhadap nilai jasa lingkungan (*environmental services*), satu diantaranya adalah jasa *void* tambang. *Void* terdiri atas *existing void* dan *final void*. *Final void* yaitu *void* yang terbentuk setelah berakhir semua operasi produksi tambang atau berakhirnya umur operasional tambang, *existing void* adalah *void* yang terdapat di area

penambangan selama tambang beroperasi, dan residual *void* adalah *void* yang terdapat pada saat penutupan tambang.

Jhonson L,S (2003) mengemukakan setelah pascatambang atau pada penutupan tambang *mine closure*, *void* tambang menjadi isu penting bagi pemerintah dan industri pertambangan di Western Australia atas dampak lingkungan yang timbul. Apalagi jika mengingat di Western Australia terdapat 1800 *existing void* tambang, dan lebih dari 150 *void* beroperasi dibawah permukaan air tanah, yang menimbulkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan pertambangan di Western Australia. Apa yang dikemukakan oleh Jhonson tersebut dapat dimengerti, mengingat keasaman air *void* tambang apabila tidak dikelola dengan baik atau memenuhi baku mutu lingkungan, pada pascatambang atau *mine closure* dapat mencemari lingkungan.

Air yang terdapat dalam *void* tambang merupakan salah satu sumberdaya yang dapat menopang sistem kehidupan manusia khususnya masyarakat yang bermukim di sekitar pertambangan. Air *void* tambang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti air baku, budidaya perikanan air tawar, wisata, mikrohidro dan lain sebagainya. Pemanfaatan tersebut menimbulkan manfaat dan biaya.

Pemanfaatan air *void* di PT Adaro Indonesia utamanya sebagai air baku memberi manfaat selain bagi internal perusahaan juga masyarakat yang bermukim sekitar pertambangan.

## II. Pertambangan Batubara dan Ketersediaan Sumberdaya Air.

Lingkungan tidak dapat mendukung jumlah kehidupan yang tanpa batas. Sehubungan dengan daya dukung lingkungan, maka dunia tidak akan menyangga jumlah manusia yang tanpa batas. Apabila daya dukung lingkungan terlampaui maka manusia akan mengalami berbagai kesulitan. *Carrying capacity* (daya dukung) lingkungan suatu ekosistem dalam konteks ekologis adalah jumlah maksimum populasi (makhluk hidup) yang dapat didukung oleh ketersediaan sumberdaya dan jasa pada ekosistem tersebut (Hart, 2006 dalam Fatimah, 2009).

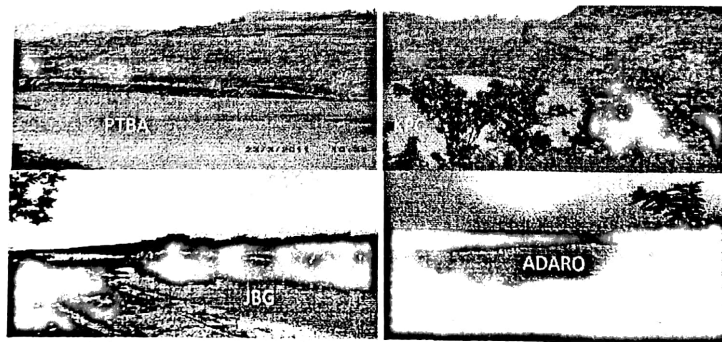
Air adalah sumber kehidupan utama yang menyangga kehidupan dan merupakan parameter kunci dalam daya dukung lingkungan. Hal ini disebabkan segala bentuk kehidupan di bumi ini berasal dari air. Meskipun sekitar 70% permukaan bumi ditempati oleh air, namun 97 % darinya adalah air asin dan tidak dapat langsung dikonsumsi manusia (Bapenas 2005 dalam Novita (2007). Terbatasnya jumlah air segar yang dapat langsung dikonsumsi dipermukaan bumi selain disebabkan hampir keseluruhan air dipermukaan bumi adalah air asin, juga disebabkan oleh kerusakan lingkungan yang salah satunya adalah kerusakan sumberdaya air bersih. Demikian juga halnya masalah air di Indonesia juga ditandai dengan kondisi lingkungan yang mengalami degradasi sehingga menyebabkan semakin tidak kondusifnya air untuk dikonsumsi dan mempercepat kelangkaan air. Kerusakan lingkungan antara lain disebabkan oleh terjadinya penurunan daya dukung daerah aliran sungai (DAS) hulu akibat kerusakan hutan yang tidak terkendali. Keadaan ini menyebabkan turunnya kemampuan DAS untuk menyimpan air di musim hujan sehingga potensi, frekuensi dan besaran banjir makin meningkat. Dampak lainnya adalah meningkatnya sedimentasi sehingga mengakibatkan pendangkalan sungai yang pada akhirnya menurunkan daya tampung dan pengalirannya. Dengan demikian akan berpengaruh diantaranya terhadap penurunan debit air. Pembukaan kawasan hutan untuk hutan merupakan kegiatan yang dapat menghilangkan fungsi hidrologi

kawasan hutan, sehingga berdampak pada penurunan daya dukung air. Demikian juga halnya dengan penggunaan sumberdaya air untuk berbagai kegiatan industri menimbulkan dampak terhadap daya dukung air.

Merujuk pada hasil penelitian di atas, alih fungsi lahan dari kawasan hutan menjadi kawasan industri, pemukiman, perdagangan, pencemaran limbah yang ditimbulkannya, serta belum dimanfaatkannya potensi ketersediaan air secara optimal menjadi faktor yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan daya dukung air secara kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Penurunan daya dukung air khususnya secara kuantitas akan menyebabkan penyusutan terhadap cadangan air atau terjadi deplesi air, yang berdampak pada menurunnya ketersediaan sumberdaya air baku. Kegiatan pertambangan batubara secara terbuka menyebabkan tergalinya tanah pada area penambangan. Melalui rekahan batubara penutup dan pori-pori tanah limpasan air permukaan akan mengisi saluran terbuka atau paritan tambang yang dibuat pada jenjang (bench) tambang untuk selanjutnya menggunakan pompa dialirkan dan ditampung dalam sumuran tambang (mine sump) di lokasi penambangan sebelum dipompakan ke kolam pengendapan lumpur (settling pond). Air yang terpompa melalui sumuran tambang inilah yang menyebabkan hilangnya sumberdaya air baku yang mengakibatkan deplesi air.

*Void* atau kolam bekas tambang adalah lubang bukaan bekas tambang tempat menampung air yang berasal dari air larian dan *inpit sump* (PT Adaro, 2012). *Void* di beberapa pertambangan batubara Indonesia, sebagaimana yang terdapat dalam dokumen rencana penutupan tambang (PTBA, 2011; PT KPC, 2011; PT JBG, 2012, RPT PT Adaro Indonesia, 2012) tampak pada Gambar 2.1

*Void* beberapa tambang batubara di Indonesia tampak pada.



*Void* yang sedang berjalan di beberapa pertambangan batubara



*Void* Pascatambang TAL PTBA (miniatur)

Sumber: Juniah, 2013

Gambar 2.1 *Void* Beberapa Tambang Batubara di Indonesia

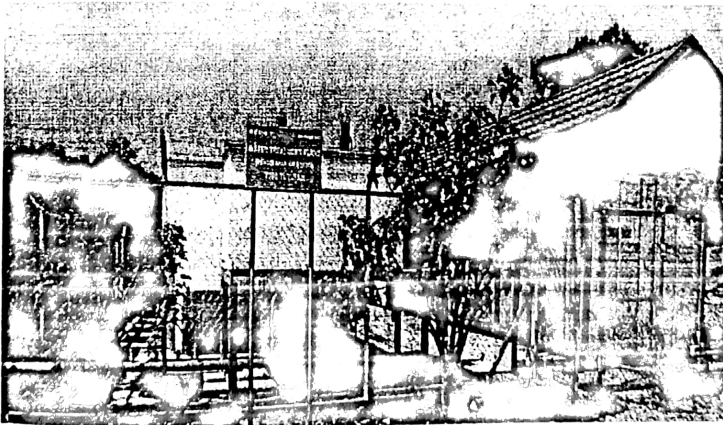
### III. Pemanfaatan Air *Void* Tambang di PT Adaro Indonesia Kalimantan Selatan

Air yang terdapat dalam *void* tambang berasal dari air larian, air limpasan permukaan dan air bawah tanah. Terkait dengan kegiatan pertambangan batubara di kenal juga apa yang disebut dengan *acid mine drainage* (air asam tambang). Air asam tambang (AAT) adalah air dengan pH rendah (bersifat asam). AAT timbul apabila mineral-mineral sulfida yang terkandung dalam batuan terpapar dan bereaksi dengan air dan oksigen. Setiap tambang menghasilkan air asam tambang apabila pada pertambangan tersebut terdapat batuan sulfida yang reaktif.

Dalam industri pertambangan, permasalahan lingkungan sangatlah penting dan perlu diperhatikan secara khusus, salah satunya adalah masalah air hasil dari proses penambangan yang terdapat dalam *void* tambang tersebut, utamanya akibat yang timbul dari air asam tambang terhadap kerusakan lingkungan yang sangat berbahaya bagi kehidupan flora dan fauna serta ekosistem secara keseluruhan. Air asam tambang apabila masuk ke badan air permukaan dapat mencemari sungai yang dapat menyebabkan kematian ikan, mengancam sumber air minum penduduk setempat karena tidak dapat dikonsumsi air sungai. Keasaman dari AAT di setiap pertambangan batubara bervariasi seperti di Berau dengan pH<2; di blok TAL PTBA, blok Wara PT Adaro, blok Utara dan Selatan PT JBG, blok Sangatta PT KPC keasaman AAT dengan pH< 4.

Penelitian mengenai pemanfaatan air *void* tambang untuk air baku telah dilakukan di pertambangan batubara bawah tanah *underground coal mining* di West Virginia (Hobba, 1987; Mcdonald and Skousen, 2000), dan di The Eastern Kentucky (Cumbie and Dinger, 1998). Pemanfaatan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air baku di kota dimana pertambangan batubara berada.

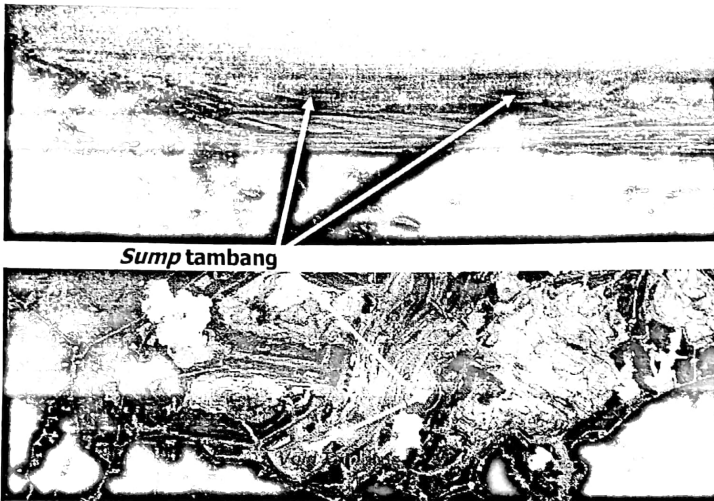
Pemanfaatan air *void* tambang di PT Adaro Indonesia untuk berbagai keperluan diantaranya sebagai air baku, dan budidaya perikanan air tawar sebagaimana tampak pada Gambar 3.1 dan 3.2.



Sumber: Juniah, 2013

Gambar 3.1 Teknologi *Water Treatment Plant* "WTP 300" Yang Digunakan PT Adaro Indonesia Untuk Menolah Air *Void* Tambang Sebagai Air Baku

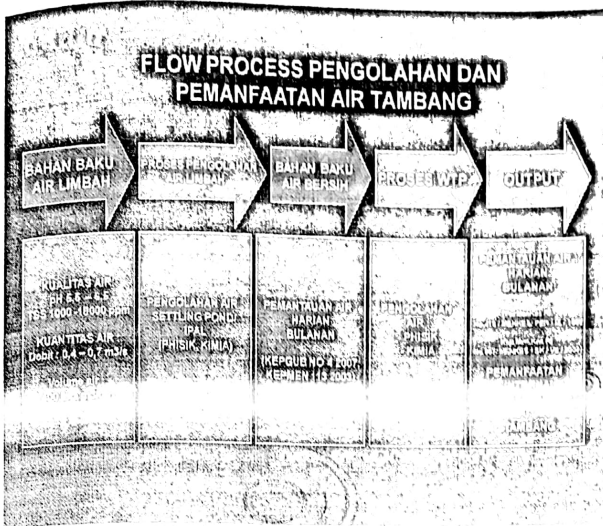
PT Adaro Indonesia yang merupakan salah satu tambang terbesar di Indonesia terletak di Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan adalah satu-satunya perusahaan pertambangan batubara di Indonesia yang memanfaatkan air *void* tambang untuk air baku. Air *void* tambang yang terdapat dipertambangan Adaro yang menjadi sumber air baku (air minum) adalah air yang terdapat dalam sumuran tambang yang terdapat di area penambangan terlihat pada Gambar 3.3. Air dalam *void* berasal yang dari air limpasan hujan juga berasal dari air bawah tanah yang masuk ke area penambangan melalui rekahan batuan.



*Sump* tambang

Sumber: Departemen *Waste Management* PT Adaro, 2012 dalam Juniah, 2013  
Gambar 3.3. Sump dan *Void* Tambang PT Adaro Indonesia

Air yang berasal dari void tambang untuk dimanfaatkan sebagai air baku di PT Adaro Indonesia di proses menggunakan teknologi Water Treatment Plant (WTP) 300. WTP 300 PT Adaro (Gambar 3.1). Sebelum pengelolaan air *void* dilakukan di WTP, yang pertama kali dilakukan PT Adaro adalah melakukan treatmen terhadap air *void* di area penambangan sebagaimana tampak pada diagram alir pemanfaatan air *void* tambang di blok Tutupan PT Adaro Terlihat pada Gambar 3.4.



Sumber: Waste Management PT Adaro, 2012

Gambar 3.4 Diagram Alir Pemanfaatan Air *Void* Tambang untuk Air Baku

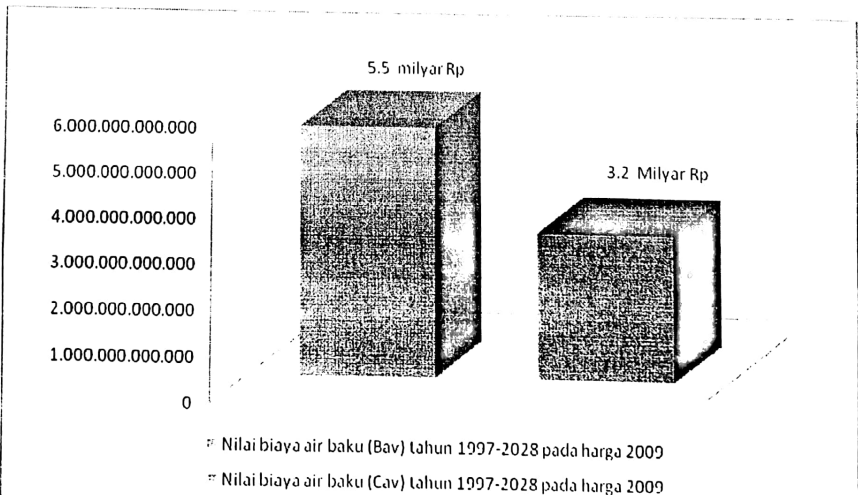
Pemanfaatan air limbah tambang yang berasal dari sumuran tambang (*inpit sump*) pertama-tama dialirkan ke paritan tambang melalui pompa untuk selanjutnya akan ditampung pada *inpit pond* dengan kapasitas penampungan 400 juta  $m^3$  per tahun. Kualitas air yang dihasilkan dari *inpit pond* ini dengan TSS 1000-1800 ppm dan pH 5,5- 6,5. Selanjutnya dari *inpit* masuk ke *treatment point* dan terakhir di *settling pond*. Pengelolaan air di *settling pond* dilakukan untuk memenuhi kualitas air bersih sesuai Pergub Kalsel No 4 tahun 2003, dan Permen KLH No. 13 Tahun 2003. Sedangkan untuk kualitas air minum harus sesuai dengan PerMenKes RI No 416/MENKES/Per/IX/1990 dan KepMenKes RI No 907/MenKes/SK/VII/2002. Air baku adalah air yang memenuhi standar baku mutu lingkungan air minum sebagaimana yang diatur PerMenKes dan pemanfaatan air *void* sebagai solusi harus memenuhi parameter kelayakan atau kualitas air baku untuk air minum seperti TSS, pH yang di atur dalam baku mutu lingkungan air baku PerMenKes RI tersebut.

Air limbah tambang yang terdapat dalam *void* tambang setelah dikelola memenuhi baku mutu air bersih (*clean water*) jika tidak dimanfaatkan sebagai air baku, baru di buang ke badan air permukaan atau sungai. Air limbah tambang yang telah dikelola memenuhi baku mutu air bersih dapat diperuntukkan untuk air baku atau air minum selama memenuhi baku mutu air minum *drinking water* sesuai peraturan PerMenKes di atas.

#### IV. MANFAAT DAN BIAYA PEMANFAATAN AIR VOID Sebagai Air Baku DI PT ADARO INDONESIA

Penelitian mengenai pemanfaatan air *void* tambang untuk air baku telah dilakukan di pertambangan batubara bawah tanah *underground coal mining* di West Virginia (Hobba, 1987; Mcdonald and Skousen, 2000), dan di The Eastern Kentucky (Cumbie and Dinger, 1998). Pemanfaatan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air baku di kota dimana pertambangan batubara berada. Pemanfaatan air *void* tambang di PT Adaro Indonesia. selain untuk air baku juga untuk budidaya perikanan air tawar. Manfaat dan biaya yang timbul dari pemanfaatan tersebut sebagai berikut:

Pemanfaatan air *void* tambang untuk air baku yang ada di pertambangan batubara PT Adaro menimbulkan manfaat tidak hanya bagi perusahaan pertambangan batubara tetapi juga terhadap masyarakat yang bermukim di sekitar pertambangan batubara. Manfaat yang timbul tidak hanya selama umur tambang dan pascatambang batubara saja, tetapi tetap berkelanjutan setelah pascatambang batubara atau *mine closure*. Manfaat yang timbul dengan adanya pemanfaatan air *void* tambang untuk air baku dalam bentuk nilai air baku ( $B_{av}$ ). Nilai manfaat air baku ( $B_{av}$ ) adalah manfaat langsung yang timbul dari pemanfaatan air *void* tambang untuk air baku karena adanya nilai jasa lingkungan untuk menyediakan SD air baku. Pemanfaatan air *void* tambang selain memberi nilai manfaat juga menimbulkan biaya untuk pengelolaannya. Biaya yang timbul dalam bentuk nilai biaya air baku. Nilai biaya air baku ( $C_{av}$ ) adalah biaya yang timbul dari pengelolaan air *void* tambang untuk air baku.



Sumber: Olahan data, 2014.

Gambar 4.5

Nilai manfaat ekonomi pemanfaatan air void tambang di PT Adaro Indonesia Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 1997-2008

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa pemanfaatan air void tambang sebagai air baku di PT Adaro Indonesia selama rentang waktu tahun 1997-2028 memberi manfaat nilai ekonomi 2,3 milyar rupiah. Hal ini menunjukkan nilai jasa lingkungan yang timbul secara ekonomi dengan memanfaatkan air void tambang sebagai air baku adalah senilai 2,3 milyar rupiah atau memberi keberlanjutan bagi lingkungan alam khususnya keberlanjutan sumber daya air di lokasi pertambangan batubara PT Adaro Indonesia senilai 2,3 milyar rupiah.

Parameter keberlanjutan tambang tidak hanya ditentukan oleh air *void* saja. Air *void* merupakan salah satu parameter yang memberi keberlanjutan bagi pertambangan berkelanjutan sebagai berikut:

1. Selama tambang beroperasi secara finansial yaitu adanya manfaat ekonomi bagi internal perusahaan tambang dan masyarakat sekitar tambang, dan secara lingkungan memberi keberlanjutan sumberdaya air baku bagi lingkungan pertambangan. Manfaat lain yang didapatkan pemanfaatan air *void* tambang untuk air baku pascatambang batubara sebagai baku sebagai berikut:
  - a. Dapat menggantikan manfaat langsung dari penjualan batubara yang hilang karena berakhirnya kegiatan produksi batubara. Manfaat penjualan batubara hanya diperoleh terbatas selama umur tambang, sedangkan manfaat nilai air baku yang berasal dari pemanfaatan air *void* tambang akan diperoleh selama umur operasional tambang dan pascatambang batubara, hingga setelah pascatambang atau *mineclosure*. Dengan demikian manfaat yang didapatkan terus berkelanjutan dan sumberdaya air baku tetap terjaga.
  - b. Dengan pulihnya jasa lingkungan air yang hilang sebagai penyedia sumberdaya air baku karena keasaman air dalam *void* tambang menjadikan lingkungan tetap terjaga dan berkelanjutan.
  - c. Manfaat eksternal yang sempat turun di tahun pertama pasca operasi produksi batubara akan meningkat kembali, salah satunya dengan terserapnya tenaga kerja pada perusahaan pengelola air minum. Dengan demikian selama masa pemulihan dan setelah penutupan tambang keberlanjutan sosial tetap terjaga.
  - d. Pemanfaatan air *void* tambang untuk air baku dapat mencegah pencemaran air setelah pascatambang batubara karena air tetap dikelola memenuhi baku mutu.

## V. PENUTUP

Pemanfaatan air void tambang sebagai air baku di PT Adaro Indonesia memberi nilai keberlanjutan lingkungan khususnya sumberdaya air baku yang didapatkan sebagai nilai jasa lingkungan air *void* tambang sebagai air baku adalah senilai 2, 3 milyar rupiah yang berasal dari manfaat air baku sebesar 5, 5 milyar rupiah, dan biaya air baku senilai 3,2 milyar rupiah.

Mengingat pentingnya nilai manfaat yang diperoleh dari pemanfaatan air void tambang sebagai air baku selain dapat memberi manfaat ekonomi dan terjaganya keberlanjutan sumberdaya air di lingkungan pertambangan batubara tidak hanya selama umur tambang (tambang beroperasi) tetapi juga pada pasca tambang dan *mine closure* serta, serta tidak tercemarinya lingkungan karna keberadaan air void tambang khususnya saat kewajiban perusahaan sudah tidak ada lagi (*mine closure*), dengan ini direkomendasikan bagi perusahaan pertambangan batubara untuk memanfaatkan air void tambang sebagai air baku.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Cass, R.S. (2000). *Cognition and cost-benefit analysis*. The Journal of Legal Studies (vol. 29, pp. 1059-110). Published by: The University of Chicago Press
- Curtis, I.A. (2004). *Valuing ecosystem good and services: a new approach using a surrogate market and the combination of a multiple criteria analysis and a delphi panel to assign weight to attributes*. EEcological Economics. pp. 163-194.
- Curtis, J., Salem Thawaba., J. Van Brahana, J. (2009). *Constructed wetlands for the pre-treatment of drinking water obtained from coal mines*. The Open Environmental Engineering Journal (vol. 2, pp.1-8). *Ozark Hall, University of Arkansas, Fayetteville, AR, USA*.
- Daily, G.C., & Polasky S. (2009). *Ecosystem services in decision making : time to deliver*. Frontiers in ecology 7(1), p.p. 21-28.
- Epstein, P. (2011). *Details the economic, health and environmental costs associated with each stage in the life cycle of coal*. In terms of human health. Virginia A February 2011.
- Fisher, B., & Turner, K. (2008). *Ecosystem services: classification for valuation*. Ecological Application. 141, pp. 1167-1169.
- Jepson, E. (2001), *Sustainability and planning: diverse concepts and close associations*. Journal of Planning. (Vol. 15 (4), pp. 499-510).
- Johnson, S.L., (2003, May). *Mine voids – the state water resource manager's perspective: proceedings of water quality issues in final voids, salt lakes and ephemeral streams*. ACMER Workshop. Paper 3. Perth. ISBN 1-920687-91-2. ISSN 1329-542X
- Juniah,R (2013). Model Keberlanjutan Lingkungan Pertambangan Batubara (Kajian Nilai Jasa Lingkungan, dan Air Void Tambang sebagai Air Baku di PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Provinsi Sumatera Selatan). Disertasi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia.
- Mallet, C.W., & Mark, M.R. (1995). *Review of the management and impact of mining voids*, in Minerals Council of Australia 20th Annual Environmental Workshop ( pp. 260–275). Australia.
- Miller, G.C., Lyons, W.B., Davis, A. (1996). *Understanding the water quality of pit lakes*. Environmental Science and Technology / News (vol. 30 [3], pp.118–123).
- Moersidik, dkk (2014). Model of Water Resources Sustainability: Mining Void Water Utilization in Coal Mining (Case Study at PT. Adaro Indonesia, South Borneo, Indonesia). International Journal of Applied Engineering Research. ISSN 0973-4562 Volume 9, Number 9 (2014) pp. 1183-1199
- © Research India Publications. <http://www.ripublication.com>
- Noviza Z Evy. (2007). *Kajian Keberlanjutan Pasokan Air: Studi Kasus Kawasan Perumahan Kota Wisata, Kecamatan Gunug Putri, Kabupaten Bogor*. Tesis Magister Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Jakarta.
- Perusahaan Tambang Batubara PT Bukit Asam. (2005-2009). *Annual report PTBA*. <http://www.ptba.co.id>, Kamis 14 Mei 2011: 10.33 WIB.
- Perusahaan Tambang Batubara PT Adaro Indonesia. (2009). Pemanfaatan air limbah tambang untuk air minum. Proseding Temu Profesi Tahunan XVIII Perhimpunan Ahli Pertambangan Indonesia (PERHAPI). Jakarta
- Slootweg, R., (2006). *Biodiversity assessment Framework: making biodiversity of corporate social responsibility*. Impact Assesment Project Appraisal.
- Soemarno, W.S. (2007). *Perencanaan pembangunan pasca tambang untuk menunjang pembangunan berkelanjutan (studi kasus pada pertambangan batubara PT Kaltim Prima*

- Coal di Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur* ). Disertasi. Jakarta: PSIL-UI.
- Rudeno Victor, (1998). *The Mining Valuation Hand book. Australian Mining and Energy Valuation For Investor and Management*. National Library of Australia Cataloguing in Publication, ISBN: 1 875 857 81 8.
- Suparmoko., M., Waluyo (2003). *Natural Resourcing And Environmental Accounting*. Proceeding *Natural Resourcing And Environmental Accounting*. Purwokerto 2003. BPFE-Yogyakarta, ISBN: 979-503-450-2.
- Turner, J.V., & Jones, D.R., (1998) . *Review of final void water quality in Australia* . State of the art and development of a generic model. CSIRO Report 98-32, for Australian Centre for Mining Environmental Research.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulisan paper ini menggunakan hasil penelitian doktoral ilmu lingkungan, dan hasil penelitian riset utama UI yang di publish International Journal of Applied Engineering Research. Penulis pada kesempatan ini menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Tim Promotor: Prof Ir. Rinaldi Dalimi, M.Sc, Ph.D; Prof. Drs. M. Suparmoko, M.A, Ph.D; Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA atas masukan, arahan, dan penyempurnaan selama penyusunan disertasi Ilmu Lingkungan UI.
2. Rekan-rekan Tim Riset Utama UI: Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA, Dr. Setia Damayanti, Yuni Reti Intarti, S.Sos. MSc, Chaidir Arief, MS , Ir. Zoraya Rachmi Pratiwi atas publikasi di International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 9, Number 9 (2014) pp. 1183-1199. © Research India Publications.
3. Direksi dan Manajemen PT Adaro Indonesia atas kesempatan untuk melakukan studi banding penelitian Doktoral S3 Ilmu Lingkungan UI, dan Riset Utama Universitas Indonesia.
4. BPP PERHAPI Periode 2012-2014 atas kesempatan untuk mempresentasikan paper ini di Acara Seminar Nasional TPT PERHAPI XXII PERHAPI 2014 di Makassar.