

PEMANFAATAN ABU BATUBARA SEBAGAI MATERIAL TANAH DASAR DI TAMBANG BATU HIJAU, SUMBAWA BARAT

Mara Maswahenu¹⁾, Firmansyah²⁾, Aulya Salsabila¹⁾

¹⁾Departemen Lingkungan, PT Amman Mineral Nusa Tenggara

²⁾Departemen Dry Season Project, PT Amman Mineral Nusa Tenggara

ABSTRAK

Pemanfaatan abu batubara (Fly Ash B409 dan Bottom Ash B410) yang sebelumnya dimanfaatkan oleh PT Amman Mineral Nusa Tenggara (PTAMNT) di tambang Batu Hijau sebagai substitusi semen dalam pembuatan beton hanya menyerap 1,7% dari total abu batubara yang dihasilkan. PLTU PTAMNT dapat menghasilkan ± 1.000 ton abu batubara per bulan. Tujuan pemanfaatan abu batubara sebagai material campuran lapisan tanah dasar adalah meningkatkan penerapan prinsip 3R limbah B3 secara internal (sampai dengan 100%) dan mengurangi biaya perawatan dan perbaikan jalan dengan meningkatnya kualitas lapisan tanah dasar. Pada awal tahun 2018, PTAMNT telah memulai kajian pemanfaatan abu batubara sebagai bahan lapisan tanah dasar (road base) dan telah memperoleh izin pemanfaatan abu batubara sebagai substitusi bahan baku tanah lapisan dasar (subgrade) sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor SK.337/Menlhk/Setjen/PLB.3/5/2019 tanggal 13 Mei 2019. Beberapa pengujian telah dilakukan sesuai persyaratan yang telah ditentukan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 dan dalam izin pemanfaatan, termasuk diantaranya uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP), *Loss on Ignition* (LoI), Total Oksida Logam, uji *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium dengan berbagai komposisi pencampuran tanah dan abu batubara, serta uji aktivitas radionuklida. Hasil uji sampel campuran abu batubara menunjukkan bahwa (1) semua hasil analisis TCLP berada di bawah baku mutu pada Lampiran III dan IV PP101 Tahun 2014, (2) nilai LoI sebesar 8,4%, (3) nilai total oksida logam (penjumlahan SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3) sebesar 66,1% (kelas C menurut ASTM C618012a dan SNI 2460:2014), (4) pencampuran tanah dengan abu batubara dapat menaikkan nilai CBR (4-18%), dan (5) aktivitas radionuklida setiap parameter kurang dari 1Bq/gram. Dinyatakan bahwa pencampuran abu batubara pada lapisan tanah dasar (road base) secara teknis dapat memberikan peningkatan kekuatan daya dukung tanah dasar dengan menaikkan *hydraulic conductivity* dan menurunkan permeabilitas tanah. Pemanfaatan ini (yang mana telah mendapatkan izin sesuai peraturan perundangan yang berlaku) dapat diaplikasikan pada jalan akses di area reklamasi timbunan batuan penutup dengan ketebalan 2.00 meter atau jalan umum di area sekitar Batu Hijau dengan ketebalan 0.50 meter. Komposisi abu batubara yang dicampurkan maksimal 50% dari berat total campuran tanah dasar

Keywords: Abu batubara, Limbah B3, pemanfaatan, 3R

ABSTRACT

Coal ash utilization (Fly Ash B409 dan Bottom Ash B410) that has been conducted by PT Amman Mineral Nusa Tenggara (PTAMNT) in Batu Hijau Mine as cement substitute for concrete production was only be able to absorb 1.7% of the total coal ash produced. PTAMNT's Coal Power Plant can produce $\pm 1,000 \text{ m}^3$ coal ash each month. The purposes of utilizing coal ash as road base material blend are to increase the principal application of hazardous waste 3R internally (up to 100%) and to reduce road maintenance and repair cost by increasing the road base quality. In the early 2018, PTAMNT has started the study to utilize coal ash as a road base material blend and acquired the permit based on The Decree of Minister of Environmental Affairs and Forestry Number SK.337/Menlhk/Setjen/PLB.3/5/2019 dated 13 May 2019. Several tests had been run according to the regulated requirements on Government Regulations Number 101 Year

2014, in which include Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) test, Loss on Ignition (LoI), Total Metal Oxide, California Bearing Ratio (CBR) laboratory test with several composition of blend between soil and coal ash, and radionuclide activity test. The result of the given test showed that (1) all TCLP analysis were below the quality standards written on Attachment III and IV PP101 Year 2014, (2) LoI value of 8.4%, (3) total metal oxide (addition of SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3) value of 66.1% (class C according to ASTM C618012a and SNI 2460:2014), (4) increased CBR value (4-18%) as a result of soil-coal ash blend, (5) radionuclide activity for each parameter is less than 1 Bq/gram. It is stated that coal ash blending on road base material can increase the strength capacity technically by increasing the hydraulic conductivity and reducing soil permeability. This utilization (which already obtained the permit pursuant to prevailing laws and regulations) can be applied on the access road of waste rock dump reclamation with 2,00 meter thickness or primary access road around Batu Hijau with 0.50 meter thickness. The maximum total composition of coal ash is 50% of the total weight of the road base.

Keywords: Coal Ash, Hazardous Waste, Utilization, 3R

A. PENDAHULUAN

PT Amman Mineral Nusa Tenggara (PTAMNT) mengoperasikan tambang Batu Hijau yang menghasilkan konsentrat tembaga dan emas di Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Untuk mendukung seluruh kegiatan pertambangan dan pengolahan mineral, dibutuhkan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan kapasitas 4 x 28 MW yang berada di Area Pelabuhan Benete. Pada tahun 2018, PLTU dapat mengkonsumsi batubara jenis *sub-bituminous* dengan jumlah 585.455 ton per tahun atau ± 1.800 ton per hari. Dengan konsumsi batubara sebesar nilai tersebut, PLTU Benete juga menghasilkan Abu Batubara yang terdiri dari abu terbang (*fly ash*) dengan kode limbah B409 dan abu dasar (*bottom ash*) dengan kode limbah B410. Jumlah produksi rata-rata abu batubara adalah ± 12.000 ton per tahunnya. Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) abu batubara sebelumnya dilakukan dengan cara menimbun di tempat penimbunan sementara (*landfill*), pemanfaatan internal menjadi bahan campuran beton, dan pemanfaatan eksternal ke pihak ketiga. Pengelolaan dan pemanfaatan limbah B3 abu batubara oleh PTAMNT tersebut mengacu pada persyaratan dalam izin dan ketentuan perundang-undangan terkait.



Gambar 1 – Area Pembangkit Listrik Benete milik PTAMNT

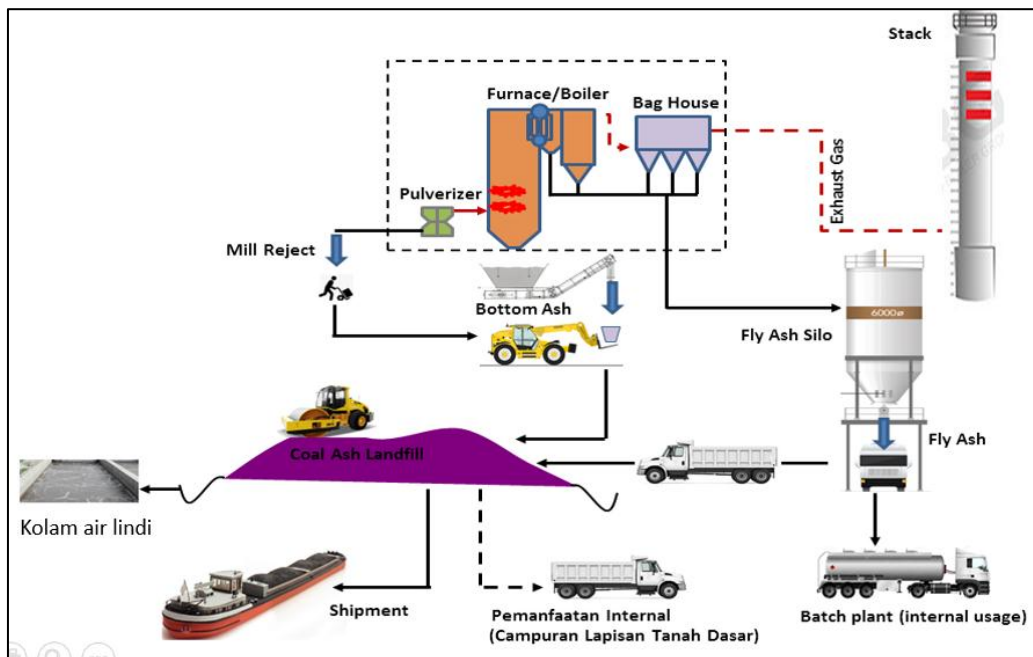
Data produksi, pemanfaatan, dan pengiriman abu batubara ke pihak ketiga disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 - Produksi dan Pengelolaan Abu Batubara Tahun 2011 - 2018

Tahun	Produksi			Pengelolaan				Volume Sisa dalam Landfill
	Fly Ash	Bottom Ash	Abu Batubara	Pemanfaatan Internal		Pemanfaatan Eksternal		
				Total	%	Total	%	
2011	7,694.96	1,926.31	9,621.27	-	0.00%	15,121.00	65.91%	7,822.27
2012	9,640.15	2,411.45	12,051.60	-	0.00%	1,472.40	12.22%	10,579.20
2013	9,475.20	2,374.27	11,849.47	-	0.00%	19,029.33	63.70%	10,842.12
2014	7,392.07	1,856.96	9,249.03	-	0.00%	15,274.05	62.28%	9,249.03
2015	9,124.87	2,244.15	11,369.02	152.97	0.58%	14,956.98	56.49%	11,369.02
2016	12,347.93	3,083.66	15,431.59	1,110.78	4.16%	15,034.00	56.30%	10,560.16
2017	13,050.13	3,262.53	16,312.66	-	0.00%	-	0.00%	22,918.72
2018	10,553.56	2,638.34	13,191.90	3,647.05	11.94%	22,367.90	73.25%	4,521.07
Rerata	9,909.86	2,474.71	12,384.57	613.85	2.09%	12,906.96	48.77%	10,982.70

Keterangan: (1) Angka dalam m³; (2) Produksi *Fly Ash* dan *Bottom Ash* diperoleh dari spesifikasi batubara dalam sertifikat pengiriman; (3) Produksi abu batubara diperoleh dari penjumlahan *Fly Ash* dan *Bottom Ash*; (4) Jumlah abu batubara yang dimanfaatkan internal diperoleh dari perhitungan pemanfaatan; (5) Jumlah abu batubara yang dimanfaatkan eksternal dan sisa volume *landfill* diperoleh dari hasil survei.

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa rerata pertahun pengelolaan limbah B3 abu batubara secara pemanfaatan internal hanya mencakup 2,09% dalam kurun waktu delapan tahun terakhir. Dengan informasi inilah, perlu dicari cara untuk dapat memanfaatkan limbah B3 abu batubara dengan persentase yang lebih besar secara internal. Pemanfaatan abu batubara sebagai campuran lapisan tanah dasar (*sub grade*) adalah salah satunya yang juga sejalan dengan lingkup penggunaan abu batubara dalam Dokumen Andal PLTU PT Newmont Nusa Tenggara (PTNNT) tahun 1997 yang menyatakan bahwa penggunaan kembali abu batubara mencakup reklamasi sebagai bahan untuk meningkatkan tanah pertanian, bahan penetral lokal untuk timbunan, dan pengendali pH di pengolahan tambang (PTNNT, 1997).



Gambar 2 – Bagan Alir Pengelolaan Abu Batubara

B. TUJUAN DAN METODE

Tujuan pemanfaatan abu batubara sebagai campuran lapisan tanah dasar (*sub grade*) adalah penerapan prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*) terhadap limbah B3 abu batubara dengan meningkatkan kemanfaatan limbah B3 sebagai bahan baku secara internal (sampai dengan 100%) dan mengurangi biaya perawatan dan perbaikan jalan dengan meningkatnya kualitas lapisan tanah dasar setelah memanfaatkan abu batubara.

Kajian dan pemanfaatan abu batubara sebagai campuran lapisan tanah dasar sudah kerap dilakukan dengan mengacu pada karakteristik fisik dan kimiawi abu batubara yang (1) memiliki ukuran partikel yang kecil, (2) mempunyai sifat *pozzolanic* dan *cementitious*, dan (3) kandungan silika dan kalsium yang tinggi. Tulisan ini akan meneliti dan membahas kandungan abu batubara yang dimiliki PTAMNT, apakah sesuai untuk dimanfaatkan sebagai yang disebutkan, dengan mengacu kepada:

1. Uji Nilai Total Oksida Logam dan klasifikasi kelas Abu Batubara sesuai ASTM C618-12a dan SNI 2460:2014;
2. Uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) sesuai Lampiran III dan IV, PP No.101 Tahun 2014;
3. Uji *Loss on Ignition* (LoI)
4. Uji Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dengan perbandingan campuran komposisi abu batubara dan tanah (maks. campuran komposisi 50 abu batubara : 50 tanah); dan
5. Uji Aktifitas Radionuklida sesuai metode pengujian IAEA *Technical Report Series* No, 295/SNI ISO 10703.2009

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

C.1. Uji Nilai Total Oksida Logam

Menurut ASTM C618 abu terbang dibagi menjadi tiga kelas, yaitu kelas F, C, dan N. Perbedaan utama dari masing-masing kelas adalah banyaknya kalsium, silika, aluminium, dan kadar besi.

Tabel 2 – Kelas Abu Terbang dan Keterangan.

Kelas Abu Terbang	Keterangan	Persyaratan
F	Dihasilkan dari pembakaran batubara <i>anthracite</i> atau <i>bituminous</i> , mempunyai sifat <i>pozzolanic</i> dan untuk mendapatkan sifat <i>cementitious</i> harus diberi penambahan <i>quick lime, hydrated lime</i> , atau semen.	$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 70\%$ $CaO < 10\%$
C	Dihasilkan dari pembakaran batubara <i>lignite</i> dan <i>sub-bituminous</i> selain mempunyai sifat <i>pozzolanic</i> juga mempunyai sifat <i>self-cementing</i> (kemampuan untuk mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur.	$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 50\%$ $CaO > 10\%$
N	Kadar kapur $CaO > 20\%$ <i>Pozzolan</i> alam atau <i>pozzolan</i> yang telah di kalsinasi. Selain itu juga hasil berbagai pembakaran yang mempunyai sifat <i>pozzolan</i> yang baik.	$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 70\%$

(Sumber: ASTM C618-12a, 2012)

Hasil pengujian pada Tabel 3 di bawah, yang dilakukan oleh laboratorium eksternal menunjukkan hasil penjumlahan kadar silika, aluminium, dan besi pada abu terbang dan abu batubara PTAMNT kurang dari 70%, sehingga digolongkan sebagai kelas C. Dengan tergolongnya abu batubara

PTAMNT sebagai kelas C, tidak perlu ditambahkannya material lain untuk membuatnya mempunyai sifat *cementitious* pada kegiatan pemanfaatan yang dimaksud.

Tabel 3 – Hasil Laboratorium Kelas Abu Batubara PTAMNT (ASTM C618)

Uji Total Oksida Logam	Unit	Abu Terbang	Abu Batubara
<i>Aluminium Oxide, Al₂O₃</i>	%	11,6	11,2
<i>Calcium Oxide, CaO</i>	%	15,6	13,6
<i>Iron Oxide, Fe₂O₃</i>	%	24,8	21,6
<i>Silicon Oxide, SiO₂</i>	%	33,2	33,3
Penjumlahan <i>SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃</i>	%	69,6	66,1
Kelas Abu (sesuai ASTM C618)		C	C

C.2. Uji TCLP

Hasil analisa uji TCLP yang telah dilakukan terhadap abu batubara PTAMNT di laboratorium eksternal terakreditasi menunjukkan bahwa semua hasil analisanya berada di bawah baku mutu pada Lampiran III PP No. 101 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Karakteristik Beracun Melalui TCLP untuk Penetapan Kategori Limbah B3 maupun Lampiran IV PP No. 101 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Karakteristik Beracun melalui TCLP untuk Penetapan Standar Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Sebelum Ditempatkan di Fasilitas Penimbunan Akhir.

Hasil analisa TCLP untuk semua jenis logam yang berada dibawah baku mutu mengindikasikan bahwa abu batubara PTAMNT pada dasarnya tidak memiliki karakteristik yang beracun.

Tabel 4 – Hasil Uji Analisa TCLP Abu Batubara PTAMNT

Pengelompokan Analit	Unit	DL	Abu Terbang	Abu Dasar	Abu Batubara	PP 101/2014	PP 101/2014	PP 101/2014
			27-Oct-17	27-Oct-17	27-Oct-17	TCLP A	TCLP B	TCLP
			Hasil Uji	Hasil Uji	Hasil Uji	(Lamp. III)	(Lamp. III)	(Lamp. IV)
Logam TCLP								
<i>Chromium-Hexavalent</i>	Cr6+	mg/L	1	<1	<1	15	2.5	2.5
<i>Mercury</i>	Hg	mg/L	0.001	<0,001	<0,001	<0,001	0.3	0.05
<i>Silver</i>	Ag	mg/L	0.2	<0,2	<0,2	<0,2	40	5
<i>Arsenic</i>	As	mg/L	0.05	<0,05	<0,05	<0,05	3	0.6
<i>Barium</i>	Ba	mg/L	1	1	2	1	210	35
<i>Beryllium</i>	Be	mg/L	0.05	<0,05	<0,05	<0,05	4	0.5
<i>Boron</i>	B	mg/L	20	<20	<20	<20	150	25
<i>Cadmium</i>	Cd	mg/L	0.05	<0,05	<0,05	<0,05	0.9	0.15
<i>Chromium</i>	Cr	mg/L	0.5	<0,5	<0,5	<0,5	-	-
<i>Copper</i>	Cu	mg/L	0.1	<0,1	<0,1	<0,1	60	10
<i>Lead</i>	Pb	mg/L	0.5	<0,5	<0,5	<0,5	3	0.5
<i>Molybdenum</i>	Mo	mg/L	0.05	0.09	<0,05	<0,05	21	3.5
<i>Nickel</i>	Ni	mg/L	0.05	<0,05	<0,05	0.17	21	3.5
<i>Selenium</i>	Se	mg/L	0.05	0.07	<0,05	<0,05	3	0.5
<i>Antimony</i>	Sb	mg/L	0.01	<0.01	<0.01	0.01	6	1
<i>Zinc</i>	Zn	mg/L	0.05	<0,05	0.8	0.36	300	50

(Sumber: Laboratorium Eksternal; Lampiran III dan IV, PP No. 101 Tahun 2014)

Hasil uji TCLP abu batubara yang jauh dibawah baku mutu yang ditetapkan dalam PP 101/2014

C.3. Uji LoI

Hasil analisa Uji LoI yang telah dilakukan terhadap abu batubara PTAMNT di laboratorium eksternal terakredits menunjukkan bahwa dengan mencampur abu terbang dengan abu dasar menghasilkan nilai LoI yang tidak signifikan (dibawah 10%) yang menjadikan material tersebut telah melalui perubahan massa secara utuh. Dapat dibandingkan dengan nilai LoI pada abu dasar, 29,6%, yang mengindikasikan bahwa material tersebut masih dapat melalui perubahan massa karena pembakaran yang tidak sempurna pada tahap pembakaran batubara di *boiler* PLTU.

Tabel 5 – Hasil Uji *Loss on Ignition* (LoI) Abu Batubara PTAMNT

Jenis Sampel	Tanggal Sampel	Unit	Loss on Ignition (LoI)
Abu Terbang	02-Nov-17	% kering	2.8
Abu Dasar	02-Nov-17	% kering	29.6
Abu Batubara	02-Nov-17	% kering	8.4

(Sumber: Laboratorium Eksternal)

C.4. Uji Nilai CBR

Dalam pemanfaatan abu batubara tentunya diperlukan pengujian teknis untuk memperoleh data dan informasi parameter sifat fisik dan mekanik pencampuran abu batubara pada lapisan tanah dasar. Hasil pengujian yang dilakukan dapat digunakan untuk menentukan persentase abu batubara dan tanah dasar yang paling optimum untuk memberikan kekuatan daya dukung tanah berdasarkan nilai CBR.

Pengujian laboratorium menggunakan standar acuan sebagai berikut:

Tabel 6 – Jenis Pengujian dan Standar Acuan Campuran Abu Batubara dan Tanah Dasar PTAMNT

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian
1	Metode pengujian kepadatan berat untuh tanah	SNI 1743:2008
2	Metode pengujian batas cair	SNI 1967:2008
3	Metode pengujian batas plastis	SNI 1966:2008
4	Metode pengujian CBR laboratorium	SNI 1744:2012
5	Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar	SNI ASTM C136:2012
6	Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles	SNI 2417:2008
7	Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141:1996
8	Metode pengujian berat jenis gabungan	SNI 1969:2008
9	Metode pengujian kuat tekan bebas tanah kohesif	SNI 1742:2008

Sampel abu batubara dan tanah dasar dengan berbagai komposisi dikirimkan ke laboratorium eksternal terakreditasi untuk pengujian CBR, Hasil pengujian CBR disajikan pada tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 7 – Hasil Uji CBR pada Komposisi Campuran Tanah : Abu Batubara

Sample ID	Remarks	Specific Gravity	Water Content	Atterberg Limits			Passing No. 200 sieve % finer by weight	Standard Proctor Compaction		CBR
				Liquid Limit	Plastic Limit	Plasticity Index		Max. Dry Density	Opt. Moisture Content	
		Gs	Wn (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)		t/m3	%	%
F1.0	Soil 100% : Coal Ash 0%	2.56	23.1	40.0	25.1	14.9	73	1,607	20.4	4.10
F1.1	Soil 85% : Coal Ash 15%	2.57	19.9	39.0	24.9	14.1	68	1,600	20.5	12.90
F1.2	Soil 70% : Coal Ash 30%	2.58	23.8	38.4	21.4	17.0	51	1,570	21.3	16.00
F1.3	Soil 50% Coal Ash 50%	2.58	19.8	34.9	26.5	8.5	50	1,533	23.1	18.00

(Sumber: Laboratorium Eksternal)

Hasil pengujian CBR laboratorium menunjukkan nilai CBR pada tanah tanpa campuran (F1.0) sebesar 4,10%, nilai CBR naik menjadi 12,90% pada komposisi pencampuran abu batubara 15% : tanah 85 % (F1.1), dan nilai CBR naik menjadi 18% pada komposisi pencampuran 50% : 50% (F1.3). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pencampuran abu batubara dengan tanah berkorelasi positif dengan kenaikan nilai CBR dan pada komposisi pencampuran 50% abu batubara dan 50% tanah, nilai CBR naik menjadi 18,00. Hasil uji CBR ini sesuai dengan hasil penelitian

yang dilakukan oleh Gunawan, G dan Fransisko, S (2011) yang menyatakan pencampuran abu terbang dengan tanah sebesar 15% dan 20% dapat meningkatkan nilai CBR secara berurutan sebesar 132% dan 209% dan oleh Malik et.al (2015) yang menyatakan pencampuran dengan abu batubara sebesar 30% mampu menaikkan nilai CBR tanah sebanyak 28,5%.

Penambahan abu batubara juga mampu menstabilisasi tanah ekspansif dengan menurunkan indeks plastisitas (Budi, G.S et.al, 2003). Hasil uji batas-batas konsistensi Atterberg menunjukkan pencampuran tanah dengan abu batubara mampu memperbaiki sifat tanah. Pada komposisi pencampuran 50%, nilai batas cair (*liquid limit*) turun menjadi 34,9% dan indeks plastisitas (*plasticity index*) turun menjadi 8,50%.

C.5. Uji Radionuklida

Hasil analisa uji radionuklida yang telah dilakukan terhadap abu batubara PTAMNT di laboratorium eksternal terakreditasi menunjukkan bahwa konsentrasi aktivitas semuanya dibawah 1Bq/gr (becquerel per gram) atau berada di bawah baku mutu seperti yang telah ditetapkan sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK. 337/Menlhk/Setjen/PLB.3/5/2019 Tentang Izin Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Untuk Kegiatan Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun PT Amman Mineral Nusa Tenggara sebagai Penghasil Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Tabel 8 – Hasil Uji Radionuklida Abu Batubara PTAMNT

No	Radioactivity	Metode Pengujian	Satuan	Baku Mutu Sesuai Ijin	Limit of Reporting	Hasil Pengujian	
						Abu Terbang	Abu Dasar
1	²¹⁰ Pb	IAEA Technical Report Series No. 295/SNI ISO 10703.2009	Bq/g	>1	<0.0001	0.0013	<0.0001
2	²²⁶ Ra	IAEA Technical Report Series No. 295/SNI ISO 10703.2010	Bq/g	>1	<0.001	0.0278	0.0161
3	²²⁸ Ra	IAEA Technical Report Series No. 295/SNI ISO 10703.2011	Bq/g	>1	<0.001	0.0248	0.009
4	²²⁸ Th	IAEA Technical Report Series No. 295/SNI ISO 10703.2012	Bq/g	>1	<0.001	0.0248	0.0113
5	²³⁰ Th	IAEA Technical Report Series No. 295/SNI ISO 10703.2013	Bq/g	>1	<0.001	<0.001	<0.001
6	²³⁴ Th	IAEA Technical Report Series No. 295/SNI ISO 10703.2014	Bq/g	>1	<0.0001	0.0029	<0.0001
7	²³⁸ U	IAEA Technical Report Series No. 295/SNI ISO 10703.2015	Bq/g	>1	<0.001	<0.001	<0.001

(Sumber: Laboratorium Eksternal)

C.6. Volume Produksi dan Volume Pemanfaatan Internal

Seperti yang telah diketahui PLTU Benete dapat menghasilkan abu batubara sebanyak 12.000 ton per tahunnya. Untuk melaksanakan pemanfaatan internal sebanyak 100%, pemanfaatan limbah B3 abu batubara sebagai campuran lapisan tanah dasar harus dioptimalkan dengan mempertimbangkan luas area, ketebalan, dan komposisi volume pemanfaatan, serta volume *landfill* abu batubara. Dengan merujuk kepada prosedur standar kerja PTAMNT dengan nomor: CDC-MIN-032-G102 berjudul *2H1V Construced Fill Reclamation Slopes* yang menginstruksikan ketebalan material

subgrade setebal 2,00 meter, volume abu batubara yang dapat dimanfaatkan tersajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 – Volume Abu Batubara yang dapat dimanfaatkan secara Internal

Tahun	Volume Landfill Awal Tahun	Produksi per tahun	Pemanfaatan		Persentase Pemanfaatan	Volume Landfill Akhir Tahun
			Beton	Campuran tanah dasar		
2019	11.788	12.000	1.000	17.000	76	17.339
2020	5.788	12.000	1.000	15.000	90	13.339
2021	1.788	12.000	1.000	12.000	94	9.339
2022	788	12.000	1.000	11.000	94	5.339
2023	788	12.000	1.000	11.000	94	1.339

D. KESIMPULAN

Dengan melihat keadaan lapangan di Batu Hijau, pemanfaatan abu batubara sebagai material tanah dasar dapat menyerap 94% dari total abu batubara yang dihasilkan oleh PLTU Benete dan pemanfaatan abu batubara sebagai bahan campuran beton yang telah dilaksanakan.

Hasil uji sampel campuran abu batubara menunjukkan bahwa (1) semua hasil analisis TCLP berada di bawah baku mutu pada Lampiran III dan IV PP101 Tahun 2014, (2) nilai LoI sebesar 8,4%, (3) nilai total oksida logam (penjumlahan SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃) sebesar 66,1% (kelas C menurut ASTM C618012a dan SNI 2460:2014), (4) pencampuran tanah dengan abu batubara dapat menaikkan nilai CBR (maks. 18% dengan komposisi 50:50), dan (5) konsentrasi aktivitas radionuklida Uranium-238 (U-238), Plumbum-210 (Pb-210), Radium-226 (ra-226), Radium-228 (Ra-228), Thorium-228 (Th-228), Thorium-230 (Th-230) dan Thorium-234 (Th-234) jauh dibawah baku mutu yang diijinkan yaitu 1 Bq/gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Amman Mineral Nusa Tenggara, PT. (2018). Proposal Pemanfaatan Abu Batubara Sebagai Campuran Lapisan Tanah Dasar di Tambang Batu Hijau, Februari 2018.
- Anonim (2006). Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Buku 3 Lapis Pondasi Agregat. Manual Konstruksi dan Bangunan No : 002-03/BM/2006. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. .
- Anonim (2006). Pekerjaan Tanah Dasar Buku 3. Pedoman penyelidikan dan pengujian tanah dasar untuk pekerjaan jalan. Pedoman Konstruksi dan Bangunan. No: 003-03/BM/2006. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Budi, G.S, Cristanto A, Setiawan E. (2003). Pengaruh fly ash terhadap sifat pengembangan tanah ekspansif. *Civil Engineering Dimension*, Vol. 5, No. 1, 20-24, March 2003.
- G. Gunawan, Silverster Fransisko. Pemanfaatan limbah abu terbang yang ramah lingkungan sebagai bahan stabilisasi tanah dasar. *Puslitbang Jalan dan Jembatan*, August 2011
- Malik M.I., Iqbal A, Mansoor J., Nazir H, Iqbal T. Effect of coal ash on strength and CBR properties of lacustrine soil. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* ISSN : 2278-0181 Vol. 4 Issue 03, March 2015.
- Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan (PUSJATAN). “Pemberlakuan Pedoman Pelaksanaan Stabilisasi Bahan Jalan Langsung Di Tempat Dengan Bahan Serbuk Pengikat No.01/SE/M/2010”