

POTENSI MATERIAL ALTERNATIF PENGGANTI SEMEN DAN AGREGAT UNTUK BAHAN BAKU INDUSTRI BETON DI DAERAH KABUPATEN TANAH LAUT KALIMANTAN SELATAN

Agung Sumarno¹, Agus Mudo Prasetyo¹, Ismail Budiman¹, Ananto Nugroho¹, Maidina¹, Dany Perwita Sari¹, Luna Nurdianti Ngeljaratan¹, Salim Mustofa², Gunawan^{3,4}, Sukalim^{3,4} dan Jansen Batubara^{3,4}

¹ Pusat Riset Biomaterial, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Indonesia
Email: agun025@brin.go.id

² Kedeputian Bidang Infrastruktur Riset dan Inovasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta, Indonesia

Email: salim.mustofa@gmail.com

³ PT. Zircon Inti Persada, Asam Asam, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan, Indonesia
Email: jansen_batubara@yahoo.com

⁴ PT. Delta Prima Steel, Asam Asam, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan, Indonesia
Email: jansen_batubara@yahoo.com

ABSTRACT

Cement, coarse aggregate, fine aggregate, and water are mixtures of concrete in which besides water, the rest of the components are not sustainable. The utilization of waste-material as an alternative additives or replacement of cement and aggregates becomes the research areas to seek solution for more sustainable materials. In Indonesia, the availability of waste materials such as fly ash and dolochar that can be processed as material alternative can be found in the area of Tanah Laut, South Kalimantan, at PLTU Asam Asam. The objective of this study is to explore the potential of fly ash and dolochar in replacing coarse aggregates. The methodology for the first phase of this study is started by surveying and laboratory testing including aggregate testing, cement testing, and chemical composition using X-ray Fluorescence (XRF). The results of this study show that fly ash from PLTU Asam Asam can be used as material alternative to replace cement since it contains pozzolanic and cementitious properties. Chemical composition of fly ash has passed the requirement such as the percentage of ($Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3$) is between 79,26%-91,54% that is higher than 70%, the percentage of SO_3 is between 0,46%-0,62% and lower than 4%, and the percentage of MgO is between 2,08%-5,18% that is lower than the requirement of 6%. As for dolochar, it can replace fine aggregate when the size smaller than 5 mm at SSD (Saturated Surface Dry) condition is used. Meanwhile, dolochar with a size larger than 5 mm can be used as material alternative to replace coarse aggregate. The research concludes that fly ash and dolochar has potentials to be used as material alternative in the concrete industry, to support a more sustainable construction material.

Keywords: aggregates, cement, dolochar, fly ash, material alternative, sustainable construction material.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton merupakan material yang banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur baik itu gedung, jalan dan juga jembatan. Beton dipilih karena memiliki durabilitas yang baik dan juga mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi (Darwin et al, 2016). Selain itu beton juga dapat dibuat dengan cara pracetak sehingga menghemat waktu dan biaya dalam pelaksanaan konstruksi (Muria Villa et al, 2012).

Material utama penyusun beton yaitu semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambah lain (SNI 03-2834-2000). Semen, agregat kasar dan agregat halus merupakan material yang diperoleh dari penambangan material alam, sehingga ketersediaan material tersebut semakin lama akan menipis.

Berbagai upaya dilakukan untuk mengatasi ketersediaan material alam yang semakin menipis seperti halnya menggunakan material alternatif dari *fly ash*, *ground granulated blastfurnace slag (GGBFS)*, *diatomaceous earth*, dan metakaolin untuk menggantikan semen sebagai bahan pengikat pada beton (Mboya et al, 2017). Material tersebut adalah material buangan industri yang tidak terpakai lagi salah satunya *fly ash* yang merupakan buangan hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berbentuk halus dan bersifat pozzolanik (Wenno et al, 2014). Pemanfaatan material buangan secara langsung pada campuran beton perlu dilakukan (Sumarno et al, 2018). Hal tersebut untuk meminimalisasi biaya baik dari proses produksi dan efisiensi penggunaan material alam.

Kalimantan selatan merupakan provinsi yang terdapat banyak pertambangan batubara salah satunya untuk memenuhi kebutuhan listrik yang dibangkitkan melalui PLTU Asam Asam di Kabupaten Tanah

Laut. PLTU Asam Asam memiliki 2 pasang pembangkit listrik yang saat ini beroperasi yaitu Pembangkit 1-2 dan Pembangkit 3-4 yang menghasilkan buangan *fly ash* sebanyak 160 ton/hari. Hal ini yang mendorong upaya pemanfaatan *fly ash* sebagai material alternatif pengganti semen, dan keberadaan *fly ash* yang telah dikeluarkan dari kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 merupakan langkah untuk memanfaatkan *fly ash* pada industri beton.

Selain itu di daerah Kabupaten Tanah Laut terdapat industri smelter biji besi yang menghasilkan material buangan berupa dolochar dengan buangan sebanyak 25 ton/hari yang berbentuk agregat. Dolochar telah dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi tanah (Sahoo et al, 2014). Namun, belum banyak penelitian yang memanfaatkan material ini sebagai alternatif pengganti agregat pada beton.

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini dilakukan untuk menggali potensi material alternatif pengganti semen dan agregat di Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan agar dapat diperoleh informasi teknis mengenai kelayakan material baik dari material alam lokal maupun material buangan industri untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri beton agar terjaganya keberlanjutan material (*sustainable materials*) untuk kebutuhan konstruksi

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencari potensi material alternatif pengganti semen dan agregat untuk industri beton khususnya di daerah Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan

METODOLOGI

Bahan

Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan utama yang digunakan dalam pembuatan beton yaitu

semen, agregat kasar, dan agregat halus yang berasal dari Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. Material alternatif yang digunakan pada penelitian ini sebagai pengganti semen yaitu abu terbang (*fly ash*) yang merupakan material buangan sisa pembakaran dari PLTU Asam Asam, Kabupaten Tanah Laut - Kalimantan Selatan, dan material alternatif pengganti agregat yaitu *dolochar* yang merupakan material buangan pada industri smelter biji besi dari PT. Delta Prima Steel di Kabupaten Tanah Laut - Kalimantan Selatan.

Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu survei lapangan dan pengujian laboratorium. Survei lapangan dilakukan untuk mencari potensi material lokal sebagai bahan utama dalam pembuatan beton, lokasi sumber material lokal tidak jauh dari sumber material alternatif abu terbang (*fly ash*) dan *dolochar* serta lokasi pabrik industri beton PT. Zircon Inti Persada yang terletak di Asam Asam, Kabupten Tanah Laut - Kalimantan Selatan.

Setelah mendapatkan material lokal sebagai bahan utama yang meliputi semen, agregat halus dan agregat kasar untuk pembuatan beton, kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap material-material tersebut dengan pengujian laboratorium.

Pengujian laboratorium untuk agregat halus dan agregat kasar meliputi pengujian kadar

air (SNI 1971-2011), pengujian gradasi agregat (SNI 1968-1990), pengujian kadar lumpur agregat (SNI 03-4142-1996), pengujian berat jenis dan penyerapan agregat (SNI 1970-2008), pengujian berat volume agregat (SNI 03-4804-1998), serta keausan agregat kasar (SNI 2417-2008).

Pengujian Laboratorium untuk semen meliputi pengujian berat jenis semen (SNI 15-2531-1991) dan pengujian konsistensi normal semen (SNI 03-6826-2002). Pengujian komposisi kimia dengan *X-ray Fluorescence (XRF)* juga dilakukan pada semen untuk memenuhi persyaratan (SNI 15-2049-2015) dan juga material alternatif pengganti semen yaitu *fly ash* yang berasal dari PLTU Asam Asam untuk memenuhi persyaratan (SNI 2460-2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Survei Material

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada penelitian ini diperoleh beberapa material lokal didaerah Kabupaten Tanah Laut-Kalimantan Selatan yang dapat dijadikan agregat kasar dan agregat halus serta material alternatif yang dapat dijadikan agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari material buangan industri smelter biji besi dari PT. Delta Prima Steel. Material-material tersebut disajikan pada Tabel 1 untuk agregat kasar dan Tabel 2 untuk agregat halus.

Tabel 1. Material-material agregat kasar

Jenis agregat	Nama material	Kategori material	Sumber material
Agregat kasar	Batu pecah Katunun	Material alam	Gunung Katunun, Kec.Pelaihari
Agregat kasar	Batu pecah Martadah	Material alam	Gunung Martadah, Kec. Tambang Ulang
Agregat kasar	Dolochar (uk. > 5 mm)	Material buangan smelter biji besi	PT. Delta Prima Steel, Kec.Jorong
Agregat kasar	Material Nonmag (<i>Non- magnetic</i>)	Material buangan smelter biji besi	PT. Delta Prima Steel, Kec.Jorong

Berdasarkan hasil survei diperoleh dua material alam lokal yang dapat dijadikan agregat kasar yaitu batu pecah Katunun yang berasal dari kuari gunung katunun dan batu pecah Martadah yang berasal dari kuari gunung Martadah. Selain itu diperoleh dua

material buangan smelter biji besi yang dapat dijadikan material alternatif pengganti agregat kasar yaitu material *dolochar* dengan ukuran > 5 mm dan material nonmag (*Non- magnetic*).

Tabel 2. Material-material agregat halus

Jenis agregat	Nama material	Kategori material	Sumber material
Agregat halus	Pasir Sungai Rakin	Material alam	Sungai Rakin, Kec.Kintap
Agregat halus	Pasir Gunung Lima	Material alam	Gunung Lima, Kec.Kintap
Agregat halus	Pasir Napatani	Material alam	Napatani, Kec.Jorong
Agregat halus	Dolochar (uk. < 5 mm)	Material buangan smelter biji besi	PT. Delta Prima Steel, Kec.Jorong

Material alam lokal yang dapat dijadikan agregat halus yaitu pasir sungai rakin, pasir gunung lima dan pasir napatani. Selain itu diperoleh juga material buangan smelter biji besi sebagai material alternatif pengganti agregat halus yaitu *dolochar* dengan ukuran < 5 mm.

Material semen yang banyak dijumpai di pasaran daerah kabupaten tanah laut adalah semen jenis portland komposit semen (PCC) dan material alternatif pengganti semen yaitu abu terbang (*fly ash*) yang merupakan

material buangan PLTU Asam Asam yang bersumber dari Pembangkit 1-2, Pembangkit 3-4, dan tempat penampungan *fly ash*.

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian agregat kasar pada penelitian ini meliputi kadar air, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan, berat volume, dan keausan yang disajikan pada Tabel 3. Demikian pula gradasi agregat kasar yang disajikan pada Gambar 1.

Tabel 3. Hasil pengujian kadar air, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan, berat volume, dan keausan agregat kasar

Nama material	Kadar air (%)	Kadar lumpur (%)	Berat jenis kondisi SSD	Penyerapan (%)	Berat volume (g/cm ³)	Keausan (%)
Batu pecah Katunun	2,50	0,25	2,38	0,50	1,34	15,64
Batu pecah Martadah	0,63	2,75	2,65	0,48	1,49	24,80
Dolochar (uk. > 5 mm)	1,35	4,05	3,22	0,73	0,75	35,92
Material Nonmag (<i>Non- magnetic</i>)	4,25	7,25	3,33	0,48	1,98	63,00
Persyaratan	-	5%	-	5%	-	40%

Hasil pengujian kadar air agregat kasar material alam pada penelitian untuk batu katunun dan martadah menunjukkan nilai

berurutan sebesar 2,5% dan 0,63% sedangkan untuk material buangan industri smelter biji besi untuk dolochar uk. > 5 mm

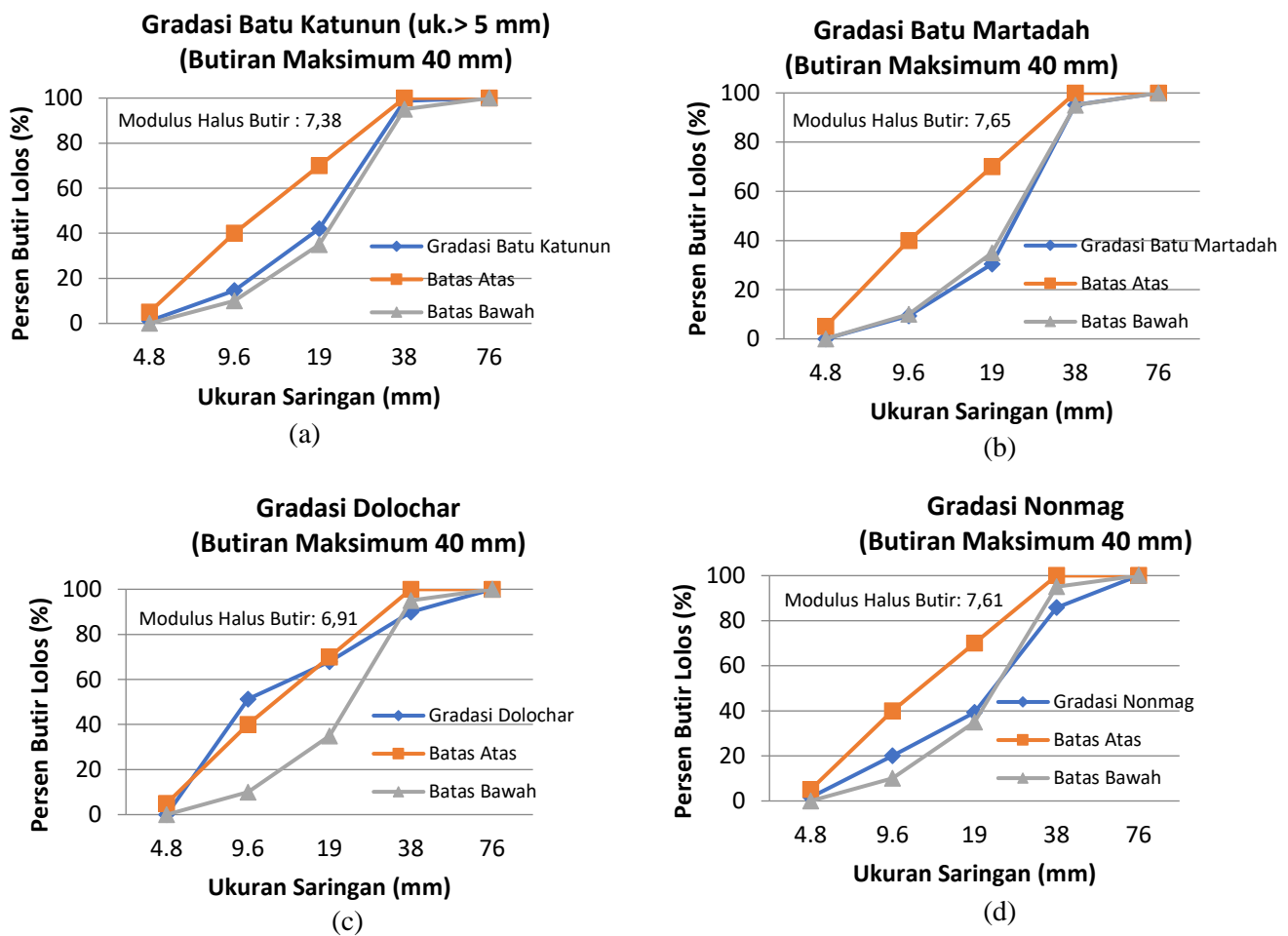
dan material nonmag menunjukkan nilai berurutan sebesar 1,35% dan 4,25%.

Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar untuk batu katunun, batu martadah, dolochar uk.>5mm dan material nonmag pada penelitian ini menunjukkan nilai berurutan sebesar 0,25%, 2,75%, 4,05%, dan 7,25%. Kadar lumpur untuk material nonmag berada diatas nilai yang ditetapkan maksimal 5% sehingga perlu dilakukan pencucian terlebih dahulu untuk dapat menggunakan material ini sebagai alternatif agregat kasar.

Berat jenis yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian batu katunun, batu martadah, dolochar uk.>5mm dan material nonmag menunjukkan nilai berurutan sebesar 2,38, 2,65, 3,22 dan 3,33. Nilai berat jenis menunjukkan bahwa dolochar uk.>5mm dan material nonmag memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan berat jenis agregat kasar pada umumnya.

Nilai penyerapan air batu katunun, batu martadah, dolochar uk.>5mm dan material nonmag berdasarkan pengujian pada penelitian ini menunjukkan nilai berurutan sebesar 0,5%, 0,48%, 0,73% dan 0,48% . Nilai penyerapan air agregat kasar pada penelitian ini masuk dalam standar maksimum yang ditetapkan yaitu 5%.

Berat volume yang dihasilkan dari pengujian untuk batu katunun, batu martadah, dolochar uk.>5mm dan material nonmag menunjukkan nilai berurutan 1,34 g/cm³, 1,49 g/cm³, 0,75 g/cm³, dan 1,98 g/cm³. Hasil pengujian keausan pada penelitian ini menunjukkan nilai berurutan sebesar 15,64%, 24,80%, 35,92%, dan 63%. Berdasarkan hasil pengujian keausan material nonmag memiliki nilai keausan lebih besar dari batas yang telah ditetapkan yaitu 40%.



Gambar 1. Hasil pengujian gradasi agregat kasar, (a) gradasi batu katunun, (b) gradasi batu martadah, (c) gradasi dolochar uk. > 5 mm, (d) gradasi material nonmag

Hasil pengujian gradasi agregat kasar menunjukkan bahwa semua agregat kasar pada penelitian ini masuk kedalam agregat kasar berukuran butiran maksimum 40 mm sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dengan nilai modulus halus butir yang tersaji pada gambar 1(a), (b), (c) dan (d) berurutan sebesar 7,38, 7,65, 6,91, dan 7,61.

Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil pengujian agregat halus pada penelitian ini meliputi kadar air, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan dan berat volume yang disajikan pada Tabel 4. Demikian pula gradasi agregat halus yang disajikan pada Gambar 2.

Tabel 4. Hasil pengujian kadar air, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan, dan berat volume agregat halus

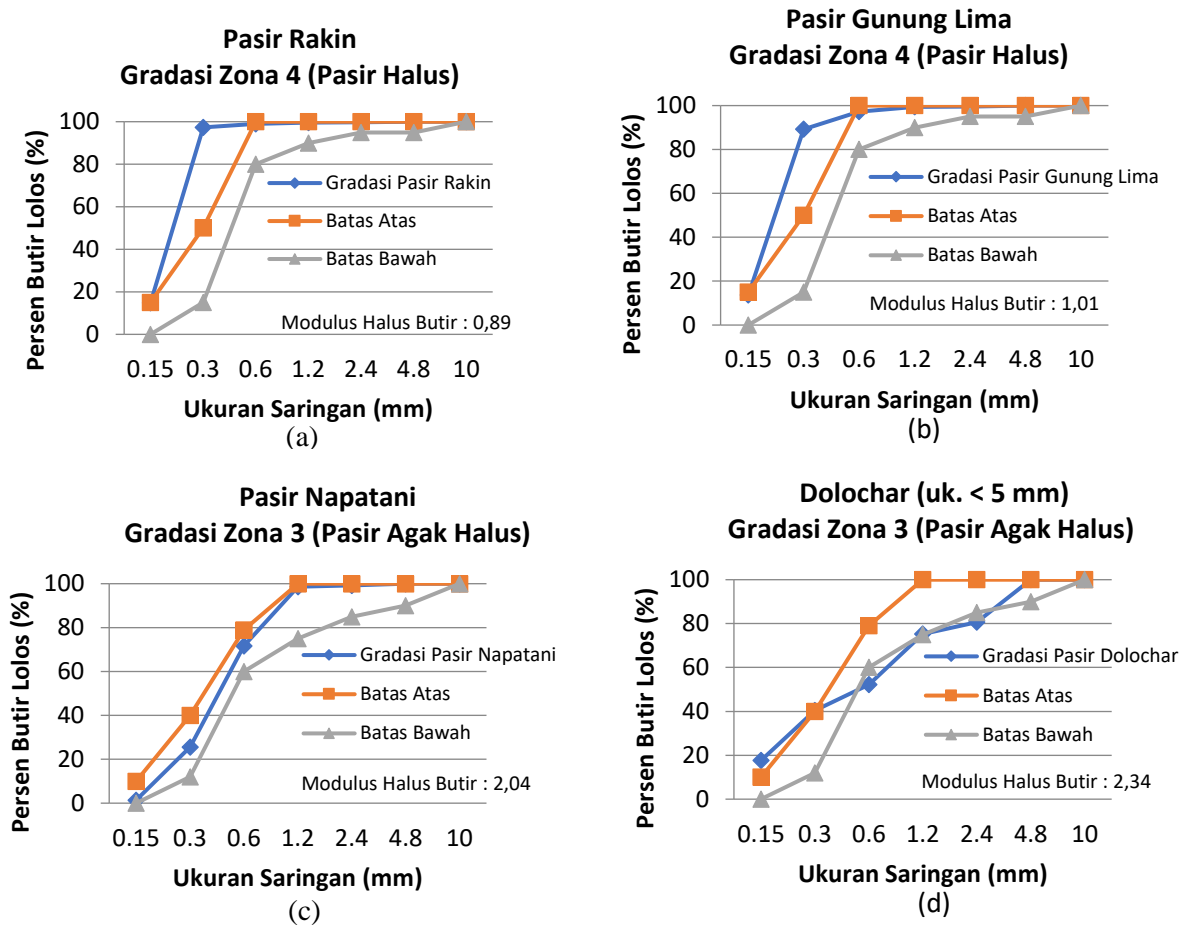
Nama material	Kadar air (%)	Kadar lumpur (%)	Berat jenis kondisi SSD	Penyerapan (%)	Berat volume (g/cm ³)
Pasir Sungai Rakin	3,80	2,00	2,25	2,88	1,59
Pasir Gunung Lima	9,60	6,40	2,31	2,04	1,51
Pasir Napatani	6,20	2,40	2,60	1,63	1,47
Dolochar (uk. < 5 mm)	6,40	2,30	1,28	49,25	0,59
Persyaratan	-	5%	-	5%	-

Hasil pengujian kadar air agregat halus pada penelitian ini untuk pasir sungai rakin, gunung lima, napatani dan dolochar ukuran <5mm menunjukkan nilai berurutan sebesar 3,80%, 9,60%, 6,20%, dan 6,40% . Dan pengujian kadar lumpur menunjukkan nilai berurutan sebesar 2%, 6,4%, 2,4% dan 2,3%. Berdasarkan nilai kadar lumpur, pasir gunung lima melampaui batasan yang telah ditetapkan yaitu 5% sehingga perlu dicuci terlebih dahulu jika akan dimanfaatkan sebagai agregat halus.

Hasil pengujian berat jenis agregat halus pasir sungai rakin, gunung lima, napatani dan dolochar ukuran < 5mm menunjukkan nilai berurutan sebesar 2,25, 2,31, 2,60 dan 1,28 . Dan pengujian penyerapan agregat

dengan nilai berurutan sebesar 2,88%, 2,04%, 1,63%, dan 49,25%. Berdasarkan nilai penyerapan agregat halus, dolochar ukuran < 5mm memiliki nilai penyerapan yang belampaui batas maksimum penyerapan yang telah ditetapkan yaitu 5%, sehingga perlu pengkondisian agregat pada kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) untuk dapat dimanfaatkan sebagai agregat halus pada campuran beton.

Berat volume agregat halus yang dihasilkan pada penelitian ini untuk pasir sungai rakin, gunung lima, napatani dan dolochar ukuran < 5mm menunjukkan nilai berurutan sebesar 1,59 g/cm³, 1,51 g/cm³, 1,47 g/cm³, dan 0,59 g/cm³.



Gambar 2. Hasil pengujian gradasi agregat halus, (a) gradasi pasir rakin, (b) gradasi pasir gunung lima, (c) gradasi pasir napatani, (d) gradasi dolochar uk. < 5 mm

Hasil pengujian gradasi agregat halus pada penelitian ini memperlihatkan pasir sungai rakin pada (Gambar 2a) dan pasir gunung lima pada (Gambar 2b) tergolong dalam zona 4 (pasir halus) dengan nilai modulus halus butir berurutan sebesar 0,89 dan 1,01. Sedangkan hasil pengujian gradasi agregat halus pasir napatani (Gambar 2c) dan dolochar uk. < 5 mm (Gambar 2d) tergolong

dalam zona 3 (pasir agak halus) dengan nilai modulus halus butir berurutan sebesar 2,04 dan 2,34.

Hasil Pengujian Semen

Hasil pengujian semen yang diperoleh pada penelitian ini meliputi berat jenis, konsistensi normal, dan waktu ikat semen yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian semen

Nama semen	Berat jenis semen	Konsistensi normal semen (%)	Waktu ikat awal (menit)	Waktu ikat akhir (menit)
PCC- A	3,168	28	86	135
PCC - B	3,153	28	90	165
Persyaratan	3,15-3,17	-	Min. 45	Maks. 375

Semen PCC-A dan semen PCC-B adalah sampel portland komposit yang banyak dijual di daerah Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. Hasil pemeriksaan berat jenis semen PCC-A diperoleh nilai 3,168 dan semen PCC-B diperoleh nilai 3,153, kedua semen ini memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu 3,15-3,17. Pemeriksaan nilai konsistensi normal semen baik PCC-A dan PCC-B diperoleh nilai 28%. Nilai waktu ikat yang diperoleh pada sampel PCC-A untuk waktu ikat awal 86 menit dan waktu ikat akhir 135 menit, serta nilai waktu ikat pada sampel PCC-B diperoleh waktu ikat awal 90 menit dan waktu ikat akhir 165 menit. Berdasarkan

hasil pengujian sifat fisik semen pada penelitian ini sampel semen PCC-A menghasilkan nilai yang lebih baik dari sampel semen PCC-B.

Hasil Pengujian X-ray Fluorescence (XRF)

Hasil pengujian komposisi kimia dengan *X-ray Fluorescence (XRF)* dilakukan pada semen PCC-A dan fly ash yang memiliki potensi sebagai binder alternatif pengganti semen. adapun hasil pengujian *XRF* menghasilkan komposisi kimia yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian komposisi kimia, *XRF*

Komposisi Kimia	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	SO ₃ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	ZnO (%)
PCC- A	2,75	7,72	23,19	2,59	1,16	57,36	0,29	0,07	3,77	0,03
FA 1-2	2,97	14,31	49,07	0,46	0,43	5,04	1,18	0,36	25,43	0,02
FA 3-4	2,08	14,17	63,05	0,47	0,39	3,28	1,16	0,24	14,32	0,01
FA Pond	5,18	11,36	28,85	0,62	0,59	11,32	1,05	0,67	39,05	0,08
Persyaratan	Maks. 6%			Maks. 4%						

Pengujian komposisi kimia semen PCC-A dilakukan karena memiliki sifat fisik yang lebih baik dari semen PCC-B. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia semen PCC-A memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan yaitu mengandung MgO sebesar 2,75% dan SO₃ sebesar 2,59%. Begitu pula hasil pengujian komposisi kimia FA 1-2, FA 3-4, dan FA Pond yang mengandung nilai MgO berurutan sebesar 2,97%, 2,08% dan

5,18% juga memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu maksimum 6% kandungan MgO. Selain itu batas kandungan SO₃ dengan nilai maksimum 4% juga dipenuhi nilai FA 1-2, FA 3-4, dan FA Pond dengan nilai SO₃ berurutan sebesar 0,46%, 0,47% dan 0,62%.

Berdasarkan hasil pengujian komposisi *fly ash* pada penelitian ini dapat diklasifikasikan seperti yang tersaji pada Tabel 7. *Fly ash*

pada penelitian ini memenuhi persyaratan yang telah ditentukan yaitu persyaratan kelas F dengan syarat jumlah $Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3$ sebesar 70% dipenuhi oleh FA 1-2 dan FA 3-4 dengan nilai gabungan berurutan sebesar 88,81% dan 91,54%, sedangkan FA Pond memenuhi persyaratan kelas C dengan kandungan CaO sebesar 11,32% lebih besar dari persyaratan yaitu CaO sebesar 10%. *Fly ash*

ash kelas F memiliki sifat pozzolanik sangat cocok dijadikan alternatif pengganti semen pada campuran beton dan juga sangat cocok sebagai binder untuk pembuatan beton geopolimer. *Fly ash* kelas C memiliki sifat pozzolanik dan sementisius sangat cocok digunakan sebagai alternatif pengganti semen dan juga sebagai bahan stabilisasi pada tanah dasar.

Tabel 7. Klasifikasi *fly ash*

Komposisi Kimia	Al_2O_3 (%) + SiO_2 (%) + Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	Klasifikasi	Sifat
FA 1-2	88,81	5,04	Kelas F	Pozzolanik
FA 3-4	91,54	3,28	Kelas F	Pozzolanik
FA Pond	79,26	11,32	Kelas C	Pozzolanik & Sementisius
Persyaratan kelas F	Min 70%	-		
Persyaratan kelas C	Min 5 %	Min 10%		

KESIMPULAN

Kabupaten Tanah Laut- Kalimantan Selatan memiliki potensi material yang dapat digunakan sebagai agregat kasar dan agregat halus sebagai bahan baku untuk industri beton. Material alam untuk agregat kasar yang paling berpotensi adalah batu pecah katunun dan untuk agregat halus adalah pasir napatani dimana keduanya telah memenuhi SNI standar agregat yang telah ditetapkan.

Material buangan dari industri smelter biji besi yang berupa dolochar ukuran > 5 mm memiliki potensi untuk dijadikan agregat kasar karena telah memenuhi SNI untuk agregat kasar dan dolochar ukuran < 5 mm dapat dimanfaatkan sebagai agregat halus dengan mengkondisikan agregat tersebut pada kondisi SSD.

Material buangan dari PLTU Asam Asam yang berupa *fly ash* sangat berpotensi sebagai pengganti semen. *Fly ash* PLTU Asam Asam tergolong kelas F untuk *fly ash* dari pembangkit 1-2 (FA 1-2) dan dari pembangkit 3-4 (FA 3-4) yang memiliki

sifat pozzolanik yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti semen pada industri beton baik itu industri beton segar, beton precast, beton pori maupun pada pembuatan beton geopolimer. *Fly ash* yang terdapat pada tempat penampungan (pond) tergolong kelas C yang bersifat pozzolanik dan sementisius yang dapat dimanfaatkan sebagai material stabilisasi tanah dasar di samping sebagai pengganti semen pada industri beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Zircon Inti Persada sebagai mitra dalam kerjasama pada penelitian ini yang telah memberikan pendanaan dalam kegiatan survei dan pengujian laboratorium. Terima kasih juga kepada PLTU Asam Asam dan PT. Delta Prima Steel yang telah memberikan akses dalam pemanfaatan material buangan industri yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (1990). "SNI 1968-1990 Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1991). "SNI 15-2531-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). "SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200 ". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1998). "SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). "SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). "SNI 03-6826-2002 Metode Pengujian Konsistensi Normal Semen Portland Dengan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). "SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). "SNI 2417-2008 Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). "SNI 1971:2011 Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2014). "SNI 2460-2014 Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau yang Telah Dikalsinasi untuk Digunakan dalam Beton ". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). "SNI 15-2049-2015 Semen Portland". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Darwin, D., Dolan, C. W., & Nilson, A. H. (2016). *Design of Concrete Structures*. McGraw-Hill Education. New York
- Mboya, H.A., King' Ondu, C. K., Njau, K.N , & Mrema, A.L., (2017). "Measurment of Pozzolan Activity Index of Scoria, Pumice and Rice Husk Ash as Potential Supplementary Cementitious Materials for Portland Cement. *Hindawi Advance in Civil Engineering*. Volume 2017 Article ID 6952645 . pp. 1-13.
- Murià-Vila, D., Sanchez-Ramirez, A.R., Huerta-Carpizo, C.H., & Fernandez-Sola, L.R. (2012). In-Situ Test of a Precast Pier of an Elevated Viaduct in Mexico City. 15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE 2012). Lisbon. Portugal
- Sahoo, S., Mohanty, C.R., Pradhan, P.K. (2014). Utilisation of Dolochar in Road Construction. *Journal of Civil Engineering Research*. Vol. 4 No.2.pp. 37-41.

Sumarno, A., Widodo, E., Triastuti & Nugroho, A. (2018). Pengaruh Waktu Curing Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen dengan Limbah Spent Bleaching Earth (SBE) Sebagai Substitusi Agregat Halus. Prosiding Seminar Lignoselulosa 2018, p:58-62.

Wenno, R., Wallah, S, E., Pandaleke, R.(2014). Kuat Tekan Mortar Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Asal PLTU Amurang Sebagai Substitusi Parsial Semen. Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No.5 .pp. 252-259