

## ANALISA SIFAT FISIS AGREGAT LIMBAH BAHAN BAKAR BATU BARA DAN PEMANFAATANNYA UNTUK BAHAN BANGUNAN NON STRUKTUR

**Satriyo Utomo**<sup>1✉</sup>, **Indah Rosanti**<sup>2</sup>, **Akhmad Muhtadi**<sup>3</sup>, **Hartanto Wahyu Sasongko**<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> *Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Politeknik Negeri Pontianak Jalan Ahmad Yani Pontianak, 78124*  
 ✉ *e-mail : satriyout88@gmail.com*

### **Abstract**

*This research is motivated by the question of how to utilize Coal Fuel Waste for building materials. The above questions can be answered if the physical properties of the waste are known by making several test samples. The physical properties tests carried out in this study were: sieve analysis test, water content test, mud content test, specific gravity and absorption test and organic content test. The test standards use the Indonesian National Standards issued by the Indonesian National Standards Agency. For non-structural building materials, test objects are made in the form of bricks measuring 35x13x6 cm and Paving Blocks measuring 20x10x7 cm. The manufacture of concrete blocks and paving blocks used two aggregates, namely from waste coal fuel and from natural sand. Composition of 1 cement: 6 fine aggregate. The results of the physical properties test illustrate that the aggregate of coal fuel waste has a lighter weight, coarse grain and has a greater absorption capacity than natural sand. Tests of mud content and organic content of natural sand and coal waste aggregates both do not meet the quality standards for fine aggregates. The results of testing the quality of paving blocks and bricks get rebound readings that are close to the same. For dry weight and saturated surface dry, paving blocks and bricks from coal fuel waste are lighter than natural sand.*

**Keywords:** *aggregate, physical properties, gradasi, rebound, saturated surface dry*

### **Abstrak**

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pertanyaan bagaimana memanfaatkan Limbah Bahan Bakar Batu Bara untuk bahan bangunan. Pertanyaan di atas dapat terjawab apabila diketahui sifat-sifat fisis dari limbah tersebut dengan membuat beberapa sample pengujian. Adapun pengujian sifat fisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah : uji analisa saringan, uji kadar air, uji kadar lumpur, uji berat jenis dan penyerapan serta uji kadar organik. Standar uji menggunakan Standar Nasional Indonesia yang diterbitkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia. Untuk bahan Bangunan Non Struktur dibuatkan benda uji berupa Batako ukuran 35x13x6 cm dan Paving Blok ukuran 20x10x7 cm. Pembuatan benda uji batako dan paving blok menggunakan dua agregat yaitu dari limbah bahan bakar batu bara dan dari pasir alami. Dengan Komposisi 1 semen: 6 agregat halus. Hasil pengujian sifat fisis menggambarkan bahwa agregat limbah bahan bakar batu bara memiliki bobot isi lebih ringan, berbutir kasar dan memiliki daya serap yang besar dibanding pasir alami. Pengujian kadar lumpur dan kandungan organik pasir alami dan agregat limbah batu bara sama-sama tidak memenuhi standar mutu untuk agregat halus. Hasil pengujian mutu paving blok dan batako mendapatkan bacaan rebound yang mendekati sama. Untuk berat kering dan saturated surface dry, paving blok dan batako dari limbah bahan bakar batu bara lebih ringan dibanding pasir alami.

**Kata kunci :** *agregat, sifat fisis, gradasi, rebound, saturated surface dry*

### **Pendahuluan**

Penggunaan agregat pada campuran beton memiliki komposisi yang paling besar. Agregat yang digunakan selama ini berasal dari alam. Penggunaan sumber daya alam ini memiliki ketersediaan yang semakin

berkurang. Oleh karena itu pemanfaatan sumber daya lainnya menjadi solusi yang bijak untuk jangka panjang.

Pada bagian bawah pembangkit turbin yang menggunakan bahan bakar batu bara terdapat sisa pembakaran (*bottom ash*). Sisa

pembakaran batu bara ini berupa butiran kecil berwarna hitam yang menyerupai pasir kasar. Butiran kecil sisa pembakaran ini jika tidak dimanfaatkan lambat laun akan menjadi limbah.

Pada pabrik pengolah kayu di Kabupaten Kubu Raya hasil pembakaran batu bara hanya digunakan sebagai bahan untuk urugan saja. Menurut Suseno Hendro dalam Hadi Winarno [6] *bottom ash* banyak digunakan sebagai bahan pembuatan bata, karena kandungan silica didalamnya.

Merujuk pada hasil penelitian Jamalun Togobu [5] pada limbah pembangkit PLTU Tidore yang berbahan bakar batu bara berkalori rendah menggunakan bahan *bottom ash* sebagai bahan pengganti parsial terhadap agregat pasir untuk pembuatan Paving Blok. Hasil pengujian sifat fisik bahan *bottom ash* memiliki karakter yang lebih ringan dari pasir dan tingkat penyerapan diatas 20% yang 10 kali lebih banyak dari standar bahan untuk agregat normal. Dari hasil penelitian diatas, aggregate limbah batu bara pada PLTU Tidore cenderung lebih ringan. Pada pengamatan kami agregate limbah batu bara pada lokasi *Sawmill* di Kabupaten Kubu Raya yang menjadi sample penelitian ini cenderung berbutir lebih kasar dan lebih berat dari pasir alami. Sehingga dapat langsung dimanfaatkan untuk pembuatan batako dan paving blok. Selain itu berpotensi juga untuk digunakan sebagai campuran beton normal karena berbutir kasar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran sifat fisis agregat yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang selanjutnya akan direkomendasikan apakah dapat digunakan sebagai agregat untuk beton normal atau tidak. Tujuan lainnya adalah membandingkan kekuatan Batako dan Paving Blok dari sisa pembakaran batu bara.

Sifat fisis pasir alami antara satu lokasi dan lokasi lainnya tidak akan sama. Bahkan kadar air pada lokasi yang sama pun akan berbeda jika sample diambil dengan beda waktu yang panjang. Begitu juga agregat sisa pembakaran batu bara antara satu lokasi dan lokasi lainnya tidak akan sama.

Sisa pembakaran sangat tergantung dari daerah asal batu bara dan kualitas batu bara

yang disuplai. Oleh karena itu jika akan digunakan sebagai bahan campuran beton pengujian sifat fisis secara berkala dari limbah masing-masing turbin perlu dilakukan.

Pada formula rancangan campuran beton SNI-03-2834 [4] agregat yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Syarat-syarat tersebut dapat dipenuhi dengan pengujian sifat fisis. Data hasil pengujian sifat fisis menjadi parameter perancangan campuran beton tersebut.

Dalam penelitian ini agregat yang digunakan adalah agregat berasal dari sisa bahan bakar batu bara *bottom ash* pada pabrik *sawmill* di Kabupaten Kubu Raya. Sisa bahan bakar ini terletak pada bagian bawah turbin *bottom ash* berupa butiran berwarna dominan hitam yang menyerupai agregat halus atau pasir. Ukuran butirannya dominan lebih kasar dari pasir biasa.

Pasir alami juga digunakan pada penelitian ini. Penggunaan pasir alami dimaksudkan sebagai pembanding dan sebagai pencampur pada penggabungan agregat. Pasir alami yang digunakan berasal dari kecamatan Arang Limbung Kabupaten Kubu Raya. Pasir ini digunakan sebagai sample penelitian karena pasir dari daerah ini paling banyak digunakan sebagai bahan konstruksi di kota Pontianak.

Adapun pengujian sifat fisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah : : uji analisa saringan, uji kadar air, uji kadar lumpur, uji berat jenis, uji daya serap dan uji kadar organik. Pengujian ini merupakan pengujian wajib yang dilakukan dalam pengujian agregat halus untuk campuran beton normal. Pengujian mengacu pada standar SNI-03-1749 [1], dan SNI-03-1750 [2] serta SNI-03-2816 [3].

Untuk bahan Bangunan Non Struktur dibuatkan benda uji berupa Batako ukuran 35x13x6 cm dan Paving Blok ukuran 20x10x7 cm. Batako dan Paving Blok dibuat dengan dua macam model. Model pertama dibuat dari campuran semen dan pasir alami dan Model berikutnya dibuat dari campuran semen dan agregat sisa bahan bakar batu bara. Adapun komposisi perbandingannya yaitu 1 semen : 6 agregat halus. Pengujian mutu meliputi : pengujian berat kering dan berat kering

permukaan serta uji kekuatan berdasarkan bacaan rebound dari alat Hammer Test.

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan melakukan pengujian dan eksperimen. Pengujian dilakukan pada sample agregat sisa bahan bakar batu bara dan pasir alami. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat fisis meliputi : uji analisa saringan, uji kadar air, uji kadar lumpur, uji berat jenis, uji daya serap dan uji kadar organik. Pengujian sifat fisis ini mengacu pada Standar Uji Material Standar Nasional Indonesia sesuai SNI-03-1749 [1] dan SNI-03-1750 [2] serta SNI-03-2816 [3]

Selanjutnya dibuatkan benda uji untuk pengujian bahan bangunan non struktur berupa batako dan paving Blok. Pembuatan benda uji batako dan paving blok menggunakan dua agregat yaitu dari limbah bahan bakar batu bara dan dari pasir alami. Pembuatan batako dan paving blok menjadi pilihan karena bahan bangunan ini masuk dalam kategori arsitektur atau non struktur.

Hasil pengujian mutu ini memberikan gambaran perbandingan mutu paving blok dan batako yang terbuat dari agregat limbah bahan bakar batu bara dengan pasir alami. Uji mutu meliputi kuat tekan dengan Hammer Test dan perbandingan berat kering dan berat *Saturated Surface Dry* pada masing-masing benda uji.

Tahapan penelitian ini dimulai dari pengambilan sample pada pabrik pengolah kayu (*sawmill*) yang menggunakan bahan bakar batu bara di Kabupaten Kubu Raya pada periode awal tahun 2021. Selanjutnya dilakukan analisa sifat fisis dengan melakukan uji dilaboratorium bahan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Politeknik Negeri Pontianak.

Eksperimen atau percobaan dilakukan dengan membuat benda uji berupa Paving Blok dan Batako dengan bahan baku masing-masing terbuat dari agregat limbah bahan bakar batu bara dan pasir alami. Setelah umur 28 hari dilakukan uji mutu. Uji mutu yang pertama kali dilakukan adalah dengan uji perbandingan berat. Uji berat dilakukan dengan melakukan penimbangan pada dua

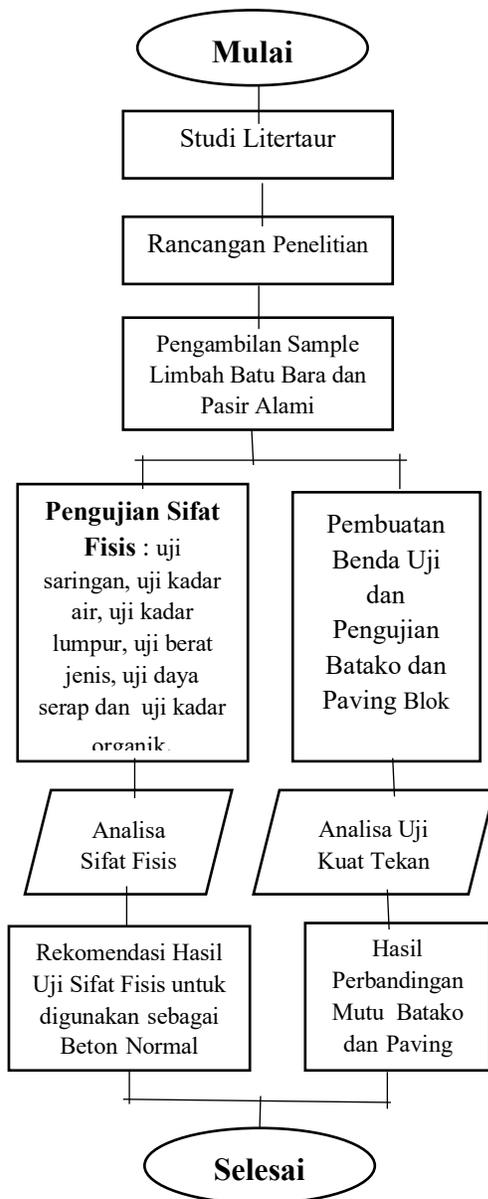
kondisi. Kondisi pertama adalah kondisi kering dan yang kedua kondisi kering permukaan.

Uji Mutu yang dilakukan selanjutnya adalah uji kekuatan dengan *Hammer Test*. Pengujian dengan Hammer Test memberikan bacaan hasil Rebound pada pukulan benda uji. Hasil pembacaan rebound ini memberikan gambaran kuat tekan benda uji. Semakin besar bacaan reboundnya semakin kuat mutu paving blok dan batakonya.

Sample agregat limbah bahan bakar batu bara diambil dari perusahaan *sawmill* yang menggunakan bahan bakar batu bara di Kabupaten Kubu Raya. Limbah bahan bakar batu bara yang digunakan adalah yang berada dibagian bawah turbin. Limbah bagian bawah turbin yang menggunakan batu bara dikenal juga dengan nama *Bottom Ash*.

Sampel pasir alami menggunakan pasir pasang yang berasal dari daerah Arang Limbung kabupaten Kubu Raya. Disebut pasir pasang karena selain untuk adukan beton pasir ini juga digunakan sebagai pasangan batu. Pasir ini didapat dari penyedotan endapan pasir pada dasar sungai Kapuas.

Adapun bagan alur penelitian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

## Hasil dan Pembahasan

Adapun hasil pengujian sifat fisis dan uji mutu Paving Blok beserta Batako adalah sebagai berikut :

### Pengujian Susunan Gradasi

Berdasarkan hasil Analisa Ayak agregat dari limbah batu bara tidak ada yang masuk zone. Baik zone 1 sampai 4 tetapi grafik susunan butirnya lebih mendekati Zone 1. Agregat ini dikategorikan berbutir kasar atau kekurangan butiran halus. Oleh karena itu perlu dicampur dengan pasir yang lebih halus. Sedangkan pasir alami hasil analisa ayak sudah masuk Zone 2

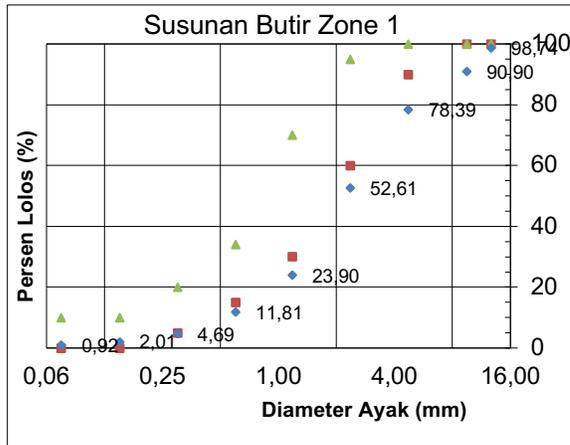
Hasil penggabungan agregat limbah batu bara 40% dan pasir alami 60% terlihat pada Grafik 3.

Tabel 1. Analisa Ayak Agregat Bahan Bakar Batu Bara

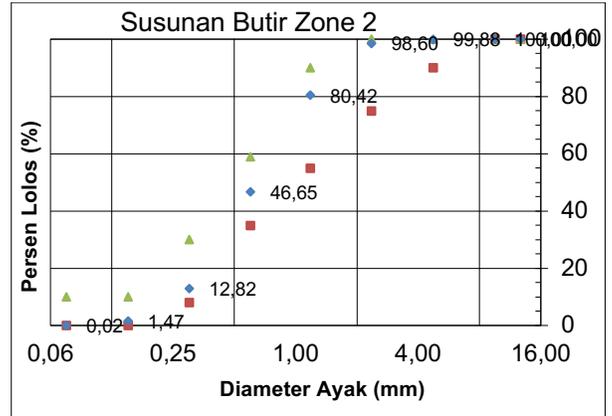
DIAMETER AYAKAN	Berat Tertahan Sampel	Berat Lolos Sampel	Persentase Lolos Sampel	
			gram	%
Inch	mm	gram	gram	%
1	25,4	0	2058,83	100
3/4	19,1	25,96	2032,87	98,74
1/2	12,7	106,56	1926,31	93,56
3/8	9,5	54,85	1871,46	90,90
No.4	4,75	257,63	1613,83	78,39
No.8	2,36	530,77	1083,06	52,61
No.16	1,18	591,06	492,00	23,90
No.30	0,6	248,87	243,13	11,81
No.50	0,3	146,64	96,49	4,69
No.100	0,15	55,14	41,35	2,01
No.200	0,075	22,42	18,93	0,92
Pan	0	18,93	0,00	0
Jumlah Sample		2058,83	kg	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Sipil 2021

**Grafik 1.** Susunan Butir Agregat Sisa Bahan Bakar Batu Bara Mendekati Zone 1



**Grafik 2.** Susunan Butir Agregat Pasir Alami



Untuk memanfaatkan limbah batu bara sebagai agregat beton perlu dilakukan penggabungan. Berikut hasil penggabungan untuk masuk gradasi Zone 1 dengan perbandingan 50 : 50. Catatan masih ada 1 titik diluar batas karena tidak dapat diatasi tetapi masih dalam batas wajar.

**Tabel 2.** Analisa Ayak Pasir Alami

DIAMETER AYAKAN		Berat Tertahan Sampel	Berat Lolos Sampel	Persentase Lolos Sampel
Inch	mm	gram	gram	%
1	25,4	0	1000	100
.3/4	19,1	0	1000	100
.1/2	12,7	0	1000	100
.3/8	9,5	0	1000	100
No.4	4,75	1,2	998,8	99,88
No.8	2,36	12,8	986	98,6
No.16	1,18	181,8	804,2	80,42
No.30	0,6	337,7	466,5	46,65
No.50	0,3	338,3	128,2	12,82
No.100	0,15	113,5	14,7	1,47
No.200	0,075	14,5	0,2	0,02
Pan	0	0,2	0	0
Jumlah		1000		

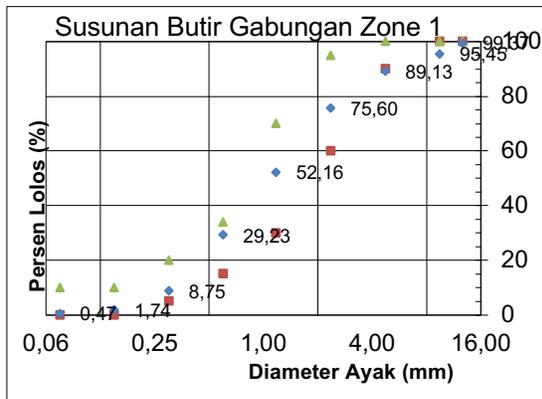
Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Sipil 2021

**Tabel 3.** Susunan Gradasi Gabungan Agregat Batu Bara 50% dan Pasir 50%

Dia.	Jumlah Lolos agregat Batu Bara	Jumlah Lolos Pasir Alami	Jumlah Lolos agregat Batu Bara	Jumlah Lolos Pasir Alami	Gradasi Gabungan Lolos Pasir Alami
mm	%	%	%	%	%
12,70	98,74	100,00	49,37	50,00	99,37
9,5	90,90	100,00	45,45	50,00	95,45
4,75	78,39	99,88	39,19	49,94	89,13
2,36	52,61	98,60	26,30	49,30	75,60
1,18	23,90	80,42	11,95	40,21	52,16
0,6	11,81	46,65	5,90	23,33	29,23
0,3	4,69	12,82	2,34	6,41	8,75
0,15	2,01	1,47	1,00	0,73	1,74
0,075	0,92	0,02	0,46	0,01	0,47
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Persentase Campuran (%)			50,00	50,00	

Sumber : Hasil Analisa Gabungan Agregat

**Grafik 3.** Susunan Butir Agregat Gabungan Pada Zone 1



**Pengujian sifat fisis**

Hasil pengujian sifat fisis selengkapnya penulis rangkum dalam tabel berikut ini :

**Tabel 4.** Rangkuman Hasil Pengujian Sifat Fisis Agregat Sisa Bahan bakar Batu Bara dan Pasir Alami

No.	Nama Pengujian	Hasil Pengujian Agregat Batu Bara	Hasil Pengujian Pasir Alami
1.	Kadar Air	8,41 %	1,19 %
2.	Berat Jenis	1,19	2,48
3.	Daya Serap	4,40 %	1,08 %
4.	Kadar Lumpur	17,39 %	10 %
5.	Bobot Isi	1080 kg/m <sup>3</sup>	1400 kg/m <sup>3</sup>
6.	Susunan Butir	Tidak Masuk Zone	Masuk Zone 2
7.	Kadar Organik	Mengandung Organik	Mengandung Organik

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Sipil 2021

**Pengujian Perbandingan Kuat Tekan dan Berat pada Paving Blok dan Batako**

Adapun hasil pengujian perbandingan kuat tekan Paving Blok dan Batako ditampilkan pada tabel berikut ini:

**Tabel 5.** Pengujian Perbandingan Kuat Tekan dan Berat Paving Blok dan Batako

Pengujian Paving Blok		Rata-rata
Bacaan Rebound	P. Alami	9,6
Hammer Test	A. Limbah	9,9
Berat Kering	P. Alami (kg)	3,38
	A. Limbah (kg)	2,61
Berat SSD	P. Alami (kg)	3,74
	A. Limbah (kg)	2,77
Pengujian Batako		Rata-rata
Bacaan Rebound	P. Alami	11,9
Hammer Test	A. Limbah	12,1
Berat Kering	P. Alami (kg)	2,41
	A. Limbah (kg)	1,94
Berat SSD	P. Alami (kg)	2,62
	A. Limbah (kg)	2,11

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Sipil 2021

**Kesimpulan**

- Kadar air dan daya serap agregat limbah batu bara lebih besar dibandingkan kadar air dan daya serap pasir alami. Limbah batu bara kadar air = 8,41% daya serap = 4,40% dan pasir alami kadar air = 1,19% daya serap 1,08%. Untuk digunakan sebagai bahan beton perlu dilakukan penyesuaian kadar air agar tidak terjadi bleeding atau naiknya air semen kepermukaan. Jika tidak dilakukan hal ini dapat menurunkan mutu beton.
- Berat jenis dan berat isi agregat limbah batu bara lebih ringan dibandingkan dengan pasir alami. Limbah batu bara berat jenis = 1,19 berat isi = 1080 kg/m<sup>3</sup>. Pasir alami berat jenis = 2,48 dan berat isi = 1400 kg/m<sup>3</sup>. Berat jenis dan berat isi yang ringan pada agregat limbah batu bara dapat digunakan sebagai bahan bangunan yang mengutamakan bobot yang ringan. Misal untuk batako gedung

berlantai banyak agar berat sendiri menjadi berkurang.

- Gradasi agregat limbah batu bara berbutir kasar dengan susunan butir pada posisi grafik terletak diluar Zone 1 pada posisi bawah. Perlu dilakukan pencampuran agregat dengan agregat yang lebih halus jika limbah batu bara ini akan digunakan untuk campuran beton normal agar memenuhi syarat susunan butir dari Zone 1 sampai Zone 4.
- Hasil penggabungan agregat pada Zone 1 dengan komposisi 50% sisa bahan bakar batu bara dan 50% pasir alami masih terdapat 1 titik grafik yang diluar batas. Hal ini masih dalam batas wajar.
- Kadar lumpur dan kandungan organik agregat limbah batu bara dan pasir alami yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan yang besar. Kandungan lumpur keduanya melebihi standar normal yang dipersyaratkan yaitu maksimal 5%. Hasil pengujian kadar lumpur keduanya melebihi 5%.
- Hasil uji mutu dengan menggunakan hammer test bacaan rebound limbah batu bara pada paving blok = 12,1 batako = 9,6 dan pasir alami paving blok = 11,9 batako = 9,9. Hasil ini menunjukkan kuat tekan keduanya mendekati sama.
- Berdasarkan berat paving blok dari limbah batu bara berat kering = 1,94 kg, berat ssd = 2,11 kg dan paving blok pasir alami berat kering = 2,41 kg, berat ssd = 2,62 kg. Pada benda uji batako limbah batu bara berat kering = 2,61 kg, berat ssd = 2,77. Pada pasir alami berat batako kering = 3,38 kg dan berat ssd = 3,74 kg. Dari hasil pengujian ini paving blok dan batako yang dibuat dari limbah batu bara lebih ringan dari paving blok dan batako yang dibuat dari pasir alami.

### Rekomendasi

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan pembuatan Job Mix Formula Beton dengan terlebih dahulu dilakukan penggabungan agregat dan pembilasan atau

pencucian agregat untuk mengurangi kadar lumpur dan kandungan organik.

### Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis sampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

- Direktur Politeknik Negeri Pontianak sebagai penyandang dana melalui DIPA Politeknik Negeri Pontianak tahun 2021
- Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Pontianak sebagai pengelola penelitian dilingkungan Politeknik Negeri Pontianak
- Ketua Jurusan dan Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak serta rekan tekniksi yang banyak membantu penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Badan Standar Nasional Indonesia. "Agregat Untuk Aduk Dan Beton, Cara Penentuan Besar Butir", SNI-03-1749, 1990
- [2] Badan Standar Nasional Indonesia, "Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji", SNI-03-1750, 1990.
- [3] Badan Standar Nasional, "Metode Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Mortar atau Beton", SNI-03-2816, 1992.
- [4] Badan Standar Nasional Indonesia, "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal", SNI-03-2834, 2000.
- [5] Jamalun Togobu, M. A, "Klas Mutu Paving Blok yang Menggunakan Buttom Ash Limbah Batu Bara sebagai Bahan Pengganti Agregat Pasir", *Journal Of Science And Engineering*, 2019.
- [6] Hadi Winarno, dkk, "Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash dari PLTU Sumsel-5", *Jurnal Teknika* ISSN: 2085-0859, 2019.