



Kuat Tekan dan Absorpsi *Paving Block* Geopolimer Abu Sawit (*Palm Oil Fuel Ash*) Menggunakan Tambahan Semen Tipe 1 (*Ordinary Portland Cement*) dengan Air Gambut

Harriad Akbar Syarif^{a*}, Danang Saputra^b

^aProgram Studi Teknik Sipil, Universitas Pasir Pengaraian, Jl. Tuanku Tambusai Kumu Rambah Hilir, Rokan Hulu, Provinsi Riau.

^bProgram Studi Agrobisnis, Universitas Pasir Pengaraian, Jl. Tuanku Tambusai Kumu Rambah Hilir, Rokan Hulu, Provinsi Riau.

INFO ARTIKEL

Histori artikel:
 Diajukan 19 November 2021
 Diterima dalam bentuk revisi 16 Januari 2022
 Diterima terbit 18 Januari 2022
 Tersedia Online 19 Januari 2022

ABSTRAK

Jumlah POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) yang meningkat setiap tahunnya dapat mengancam kelestarian lingkungan [1]. Pembuangan sisa abu sawit memiliki potensi untuk mengganti semen *portland* misalnya pada pembuatan mortar dan beton geopolimer. Kondisi lingkungan di Provinsi Riau mayoritas terletak di gambut [2]. Dengan melihat fenomena itu dan dihubungkan dengan kekayaan alam lokal maka, peneliti berkeinginan memanfaatkan produk lokal berupa kelapa sawit pada lingkungan gambut. Kondisi tersebut membuat peneliti mengimplementasikan campuran geopolimer abu sawit dalam pembuatan *paving block*. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian. Pengujian dilakukan meliputi pengujian karakteristik bahan dasar material campuran yang akan digunakan dalam perhitungan perencanaan campuran (*mix design*). Pembuatan campuran benda uji dengan ukuran 20x10x6 cm sesuai SNI *Paving Block* dengan 3 variasi campuran penambahan OPC 10%, 20%, 30%. Benda uji dibuat sesuai dengan variasi dari faktor-faktor yang mempengaruhi geopolimer. Pengujian akhir yang dilakukan pengujian kuat tekan dan absorpsi (penyerapan air) pada umur pengujian 7 dan 28 hari. Dari hasil yang didapat, kuat tekan variasi 20% untuk pengujian 7 dan 28 hari memiliki kuat tekan tertinggi 25 MPa umur 7 hari dan 30 MPa umur 28 hari, sedangkan untuk absorpsi menghasilkan 5,1% umur 7 hari dan 4,7% umur 28 hari. Dari data hasil pengujian absorpsi yang didapat, hasil pengujian absorpsi berbanding terbalik dengan hasil pengujian kuat tekan. Sehingga pengujian kuat tekan dan absorpsi ini mempunyai kaitan satu sama lainnya.

Kata kunci: *Paving Block*; Geopolimer; Abu Sawit; Air Gambut

E – MAIL

harriadakbarsyarif@upp.ac.id *

ABSTRACT

The amount of POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) which increases every year can threaten environmental sustainability. Disposal of residual palm ash has the potential to replace portland cement, for example in the manufacture of mortar and geopolymer concrete. The environmental conditions in Riau Province are mostly located on peatlands. By looking at the phenomenon and associated with local natural wealth, the researchers wish to use local products in the form of palm oil fuel ash in a peat environment. Under these conditions, the researchers implemented a mixture of palm oil fuel ash geopolymer in the manufacture of paving blocks. This research was conducted at the Materials Technology Laboratory, Faculty of Engineering, Pasir Pengaraian University. The tests carried out include testing the characteristics of the mixed material base materials that will be used in the calculation of the mix design. Making a mixture of test objects with a size of

20x10x6 cm according to SNI Paving Block with 3 variations of the mixture adding 10%, 20%, 30% Ordinary Portland Cement. The specimens are made according to the variation of the factors that affect the geopolymer. The final test carried out by testing the compressive strength and absorption at the age of testing 7 and 28 days. From the results obtained, the compressive strength variation of 20% for the 7 and 28 day tests had the highest compressive strength of 25 MPa at 7 days of age and 30 MPa at 28 days of age, while for absorption it was 5.1% at 7 days of age and 4.7% of age. 28 days. From the data obtained from the absorption test results, the results of the absorption test are inversely proportional to the results of the compressive strength test. So that the compressive strength and absorption tests are related to each other.

Keyword: Paving Blocks; Geopolymer; Palm Oil Fuel Ash; Peat Water

I. PENDAHULUAN

Paving block geopolimer merupakan salah satu alternatif pemanfaatan bahan dasar silika dan alumina seperti abu sawit untuk material konstruksi. Akan tetapi material geopolimer memerlukan perawatan pada suhu tinggi (40 - 90 °C). Berdasarkan penelitian [3], penambahan semen tipe 1 (OPC) pada bahan geopolimer akan meningkatkan waktu ikat (*setting time*) tanpa menggunakan perawatan suhu tinggi. Sampel dirawat pada suhu ruang selama umur rencana. Mikrostruktur geopolimer menunjukkan peningkatan gel aluminosilikat yang dihasilkan dari penambahan OPC. Perawatan material geopolimer berbahan abu terbang dan *slag* pada suhu tinggi tidak praktis untuk aplikasi di lapangan, penambahan zat aktivator lain berupa OPC dalam persentase tertentu dapat membantu perawatan geopolimer pada suhu ruang [4]. Penelitian terlebih dahulu mengenai geopolimer abu sawit dengan penggunaan OPC untuk membantu perawatan suhu ruang belum pernah diteliti. Pada penelitian ini akan dikaji kuat tekan, absorpsi, dan mikrostruktur *paving block* geopolimer abu sawit yang dibuat dengan menambahkan OPC agar dapat dirawat pada suhu ruang, serta dilakukan pengujian kadar air gambut yang digunakan pada campuran geopolimer.

Penambahan semen selain menambah ikatan antar butiran dan mengisi ruang-ruang pori juga menghasilkan reaksi kimia berupa panas hidrasi [5]. Panas hidrasi tersebut menghasilkan panas eksotermis yang akan mempercepat reaksi geopolimer (endotermis) antara Si/Al dan OH- maka akan memperkuat ikatan yang terjadi [6]. Dengan adanya panas dari semen tersebut,

geopolimer dapat dirawat pada suhu ruang dengan bahan tambah yang menghasilkan panas.

Dengan adanya alternatif geopolimer ini, dapat dikembangkan produk-produk material yang berasal dari bahan-bahan alami yang tidak terpakai [7]. Ditambahkan penggunaan semen yang secara tidak langsung merusak lingkungan, dicari alternatif geopolimer ini yang berguna untuk mengurangi produksi semen. Diharapkan penggunaan campuran geopolimer abu sawit yang digunakan untuk pembuatan *paving block* ini memiliki mutu lebih baik dari pada *paving block* konvensional yang dari segi campuran menggunakan semen sebagai bahan perekat utamanya. Penelitian ini mengutamakan pemanfaatan bahan alami yang dapat diolah kembali menjadi bahan yang bisa menjadi nilai jual tinggi yang berwawasan lingkungan.

Pada lahan gambut juga terdapat air gambut. Kandungan air gambut ini telah tercemar oleh kondisi lingkungan gambut disekitarnya. Volume air gambut di lahan gambut memiliki cakupan yang besar, dengan hal itulah yang menjadikan air gambut merupakan sumber air baku pembuatan campuran *paving block*. Umumnya air gambut memiliki intensitas warna yang tinggi (berwarna coklat kemerahan), pH yang rendah, kadar zat organik yang tinggi, kekeruhan dan kandungan partikel tersuspensi yang rendah serta kandungan kation yang rendah [8].

II. MATERIAL DAN METODE

2.1 Pembuatan benda uji

Benda uji *paving block* yang dibuat sebanyak 36 buah dengan ukuran 20x10x6 cm. Variasi campuran sebanyak 3 penambahan OPC 10%, 20% dan 30%

Tabel 1. Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Kadar lumpur (%)	< 5%	3,9	Memenuhi
2.	Berat jenis (gr/cm ³)			
	a. Apperent	2,58 - 2,84	2,73	Memenuhi
	b. Bulk Spesific Gravity on dry	2,58 - 2,85	2,64	Memenuhi
	c. Bulk Spesific Gravity on SSD	2,58 - 2,86	2,67	Memenuhi
	d. Absorption (%)	2 - 7	3,8	Memenuhi
3.	Kadar air (%)	3 - 5	3,7	Memenuhi
4.	Modulus kehalusan	1,5 - 3,8	2,88	Memenuhi

2.2 Persiapan pencampuran

Material yang digunakan (abu sawit, agregat halus, natrium hidroksida, natrium silikat, *add water*, dan *superplasticizer*) ditimbang sesuai dengan komposisinya. Agregat halus yang digunakan harus dalam kondisi *SSD (saturated surface dry)*. Abu sawit yang digunakan adalah abu sawit lolos saringan no. 200, sehingga harus dilakukan proses penyaringan terlebih dahulu sebelum proses pencampuran *paving block* geopolimer.



Gambar 1. Pencampuran Bahan

Tabel 2. Kandungan Abu Sawit

No	Parameter	Hasil Analisis (%)
1	SiO ₂	54,6
2	Al ₂ O ₃	16,6
3	Fe ₂ O ₃	3,97
4	CaO	7,58
5	K ₂ O	5,12
6	P ₂ O ₅	5,86
7	Kadar air	1,78

Tabel 3. Karakteristik Air Gambut

No	Karakteristik Air Gambut	Hasil Analisis
1	Kekeruhan	8,77 NTU
2	Konduktivitas	56,1 μS/cm
3	pH	4
4	Warna	Coklat
5	Bau dan rasa	Tidak berbau dan tidak berasa

2.3 Proses pencampuran *paving block*

Proses pencampuran dilakukan secara manual. Abu sawit dan agregat halus (pasir) dan semen tipe 1 dimasukkan ke dalam talam terlebih dahulu, kemudian diaduk hingga tercampur rata selama ± 5 menit. Larutan alkali dituangkan sedikit demi sedikit kedalam campuran abu sawit, agregat halus dan semen tipe 1, kemudian diaduk selama ± 10 menit hingga seluruh bahan tercampur rata dan campuran dalam kondisi lembab. Campuran *paving block* tidak boleh berbentuk pasta pada mortar karena akan mempersulit proses pencetakan. Campuran *paving block* kemudian dimasukkan ke dalam cetakan *pressing* hingga penuh. Kemudian alat *pressing* menggetarkan campuran dan menekan campuran agar campuran tersebut padat sehingga terbentuklah *paving block*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian material yang digunakan untuk pembuatan *paving block* adalah karakteristik material agregat halus, pengujian pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat halus yang berasal dari PT Sarana, Bangun Purba, Kabupaten Rokan Hulu.

Pengujian kadar lumpur ini mengacu pada (ASTM C 142, 1998). Kadar lumpur agregat halus sebesar 3,9%, dan nilai ini memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur yaitu 5%. Data dan hasil dari perhitungan pengujian kadar lumpur pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1-A. Lumpur yang menempel pada permukaan agregat dapat menghalangi terjadinya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen. Nilai kadar lumpur menandakan kandungan lempung pada

agregat, semakin tinggi persentase kadar lumpur semakin tinggi pula kandungan lempung yang terdapat pada agregat. Dengan demikian agregat ini dapat digunakan sebagai komposisi material *paving block*.

Pengujian berat jenis agregat halus ini mengacu pada SNI 03-1970-1990, berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan angka penyerapan dari agregat halus. Berat jenis yang digunakan untuk komposisi material *paving block* adalah *bulk specific gravity on SSD*. Data dan hasil perhitungan dari pengujian berat jenis pada penelitian ini adalah 2,73 dapat dilihat pada Lampiran 1-B. Nilai ini masuk ke dalam nilai standar spesifikasi berat jenis yaitu 2,58–2,86. Hasil pemeriksaan penyerapan (*absorption*) pada penelitian ini sebesar 3,8%. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi penyerapan yaitu 2–7%. Absorpsi agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen.

Pengujian kadar air agregat halus ini mengacu pada SNI. Kadar air pada agregat halus akan berpengaruh pada penyerapan yang dilakukan, semakin banyak kadar air yang terkandung pada agregat maka semakin kecil penyerapan yang dilakukan. Kadar air agregat halus pada penelitian ini sebesar 3,7%. Data dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 1-C. Kadar air agregat halus ini memenuhi standar spesifikasi kadar air agregat yaitu 3–5%. Sehingga pada saat pencampuran, air yang ditambahkan harus dikontrol agar tidak mempengaruhi ikatan antar butiran yang terjadi.

Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus ini mengacu pada SNI. Hasil dari pengujian analisis saringan agregat halus didapatkan nilai modulus kehalusan agregat halus. Hasil dari nilai tersebut yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 2,88. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi spesifikasi agregat halus yaitu pada rentang 1,5–3,8. Hasil perhitungan analisa saringan, modulus kehalusan serta grafik distribusi butiran agregat halus pada penelitian ini bisa dilihat pada

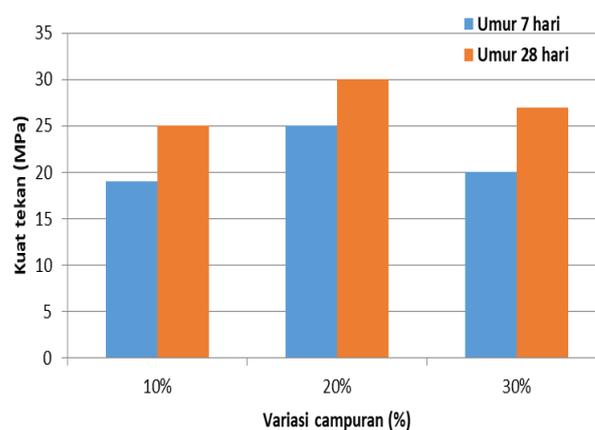
Pengujian kadar organik ini mengacu pada (SNI 03-2816, 1992). Hasil pemeriksaan kadar organik yang diperoleh adalah warna no.2. Warna ini memenuhi standar spesifikasi kadar organik agregat halus yaitu tidak boleh lebih dari warna no.3 (PBI, 1971) Lampiran 1-F. Dari hasil

tersebut bahwa agregat halus yang digunakan tidak mengandung organik yang tinggi sehingga bagus untuk campuran.

3.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan *paving block* terdiri dari 18 benda uji yang dibuat berdasarkan komposisi *mix design*. Benda uji kuat tekan *paving block* berbentuk balok dengan ukuran 20x10x6 cm. Pemilihan ukuran dimensi ini berdasarkan bentuk *paving block* yang banyak diproduksi oleh pembuat usaha *paving block* dengan pengujian benda uji *paving block* dilakukan pada umur 7 dan 28 hari.

Hasil kuat tekan *paving block* OPC untuk variasi 3 variasi campuran yaitu 10%, 20%, dan 30% penambahan OPC. Hasil pengujian kuat tekan dengan 3 variasi dan pada umur 7 dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Perbedaan hasil ini disebabkan dalam jumlah semen yang bereaksi, semakin banyak semen maka ikatan antar butiran akan semakin kuat [9]. Kekuatan semen yang dipakai sangat tergantung pada jumlah air/ FAS (Faktor Air semen) yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung [10]. Sebaiknya selalu diusahakan jumlah air yang dipakai sesedikit mungkin agar kekuatan beton tidak terlalu rendah. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi kira-kira 25% dari berat semennya [10]. Berbeda pada variasi penambahan 30% OPC. Kuat tekan yang dihasilkan menurun dari variasi penambahan 20% OPC, akan tetapi nilai tersebut masih tinggi dibandingkan dengan variasi penambahan 10% OPC. Maka, pada variasi campuran ini terjadi batas optimum penambahan semen, dikarenakan

ada faktor kimia yang terjadi antara semen dan air gambut. Faktor kimia yang berpengaruh tidak diteliti lebih lanjut.



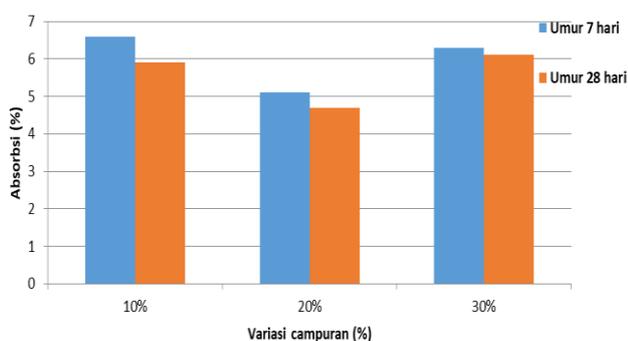
Gambar 3. Paving Block 20x10x6 cm

3.2 Hasil Pengujian Absorpsi

Pengujian absorpsi paving block terdiri dari 18 benda uji yang dibuat berdasarkan komposisi *mix design* dengan benda uji utuh sesuai dengan pengujian kuat tekan. Jumlah benda uji ini mengikuti variasi kuat tekan. Pengujian absorpsi benda uji paving block dilakukan pada umur 7 dan 28 hari.

Pengujian absorpsi paving block ini mengacu pada (SNI 03-0691, 1996), bertujuan mengetahui penyerapan air yang terjadi pada paving block. Air yang diserap oleh paving block itu sendiri akan mengisi pori-pori sehingga berat paving block akan bertambah. Semakin banyak pori-pori tersebut, maka akan memperlemah kuat tekan dari suatu paving block.

Kuat tekan benda uji yang mengalami penurunan mengindikasikan nilai persen absorpsi. Kuat tekan akan menjadi kurang baik apabila terdapat rongga pori yang tidak terisi oleh butiran pasir atau pasta terlalu banyak. Rongga pori tersebut berisi udara (*air void*) dan air (*water filled space*), apabila benda uji mengering akan dapat membentuk kapiler yang mengakibatkan benda uji bersifat tembus air (*porous*) [11]. Berikut hasil yang didapat pada pengujian absorpsi.

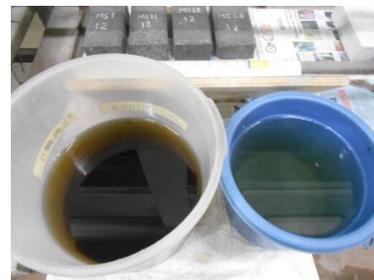


Gambar 4. Hasil Pengujian Absorpsi

Dari data hasil pengujian absorpsi yang didapat, hasil pengujian absorpsi berbanding terbalik dengan hasil pengujian kuat tekan. Sehingga pengujian kuat tekan dan absorpsi ini mempunyai kaitan satu sama lainnya.



Gambar 5. Hasil Pengujian Absorpsi



Gambar 6. Air Gambut

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap *paving block* geopolimer, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kuat tekan *paving block* geopolimer meningkat dengan seiring waktu pengujian dari umur 7 dan 28 hari. Kuat tekan paving block geopolimer meningkat pada variasi penambahan OPC 20% di air gambut.
2. Hasil Pengujian kuat tekan dan absorpsi *paving block* geopolimer berbanding terbalik dari hasil pengujian. Semakin besar hasil kuat tekan, sebaliknya semakin kecil absorpsi dari *paving block* geopolimer.
3. Reaksi kimia antara penampahan OPC 20% dengan air gambut akan membentuk ikatan geopolimer sehingga menambah kualitas mutu *paving block* geopolimer.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

1. Tim Laboratorium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian
2. PT. Ara Abadi, Tambusai Utara, Kabupaten Rokan Hulu
3. Dinas Lingkungan Hidup, Kabupaten Rokan Hulu.
4. Balai Riset Industri Padang, Sumatra Barat.
5. Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurzal, dan Joni. M. “Pengaruh komposisi fly ash terhadap daya serap air pada pembuatan paving block”. *Jurnal Teknik Mesin*. 3:41-48, 2013.
- [2] ASTM C 618-12. “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete”. *United States* : ASTM, 2012
- [3] Laksmi, D. N et al. “Pemanfaatan limbah fly ash sisa pembakaran batu bara dengan metode solidifikasi-stabilisasi sebagai bahan campuran paving block geopolimer”. Tugas Akhir, *Program Studi Teknik Lingkungan*. Semarang : Universitas Diponegoro. 2010
- [4] Nath, P., & Sarker, P. K. “Cement & Concrete Composites Use of OPC to Improve Setting and Early Strength Properties of Low Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete Cured at Room Temperature”. *Cement and Concrete Composite*, 55, 205–214. 2014
- [5] Adam, A. A. “The Effect of Temperature and Duration of Curing on The Strength of Fly Ash Based Geopolymer Mortar”. *Procedia Engineering*, 95(Scescm), 410–414. 2014
- [6] Awal, A. S. et al. “Effect of Palm Oil Fuel Ash in Controlling Heat of Hydration of Concrete”. *Procedia Engineering*, 14, 2650–2657, 2011
- [7] Dung, N. T., et al. “Hydration Process and Compressive Strength of Slag-CFBC Fly Ash Materials without Portland Cement. Curtin University of Technology, 2014
- [8] Anggriawan, et al, “Penyisihan Kadar Logam Fe dan Mn Pada Air Gambut Dengan Pemanfaatan Geopolimer Dari Kaolin Sebagai Adsorben”, *JOM Fakultas Teknik*. 2.1, 2015
- [9] Part, W. K., et al, “An Overview on The Influence of Various Factors on The Properties of Geopolymer Concrete Derived from Industrial by-products”. *Construction and Building Materials*, 77, 370–395, 2015
- [10] Soehardjono, et al, “Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kemampuan Resapan Air Struktur Paving Block. Teknik Sipil, Universitas Brawijaya Malang, 7(1), 74–80, 2013
- [11] R Yanuar i et al. “Geopolymer hybrid fly ash concrete for construction and conservation in peat environment: A review. IOP Conference Series”, *Earth and Environmental Science, Earth and Environmental Science* 847 (2021) 012031, doi:10.1088/1755-1315/847/1/012031, 2021