

Perbandingan Kinerja Bata Beton Menggunakan Abu Cangkang Sawit, Abu Sekam Padi Dan Abu Serat Sagu

Irma Ridhayani¹, Amry Dasar^{1*}, Ali Fauzi Mahmuda¹, Abdi Manaf¹, Dahlia Patah¹

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

*Email: amry.dasar@unsulbar.ac.id

Abstract

Concrete brick/paving block is one of the construction materials used in the top layer of road structures other than asphalt and cast concrete. In this study, the use of palm oil fuel ash, rice husk ash and sago fiber ash were used in concrete bricks. The effect of palm oil fuel ash, rice husk ash and sago fiber ash on the performance of concrete bricks was studied, namely compressive strength, absorption and sulphate resistance using the wet dry cycle method. The concrete brick mixture was made with a composition of cement to sand of 1:3, water to cement ratio of 0.39, treated by watering, and stored in the laboratory at uncontrolled temperature conditions. The test results show that only the use of 10% palm oil fuel ash has the same concrete brick performance as the control concrete brick according to SNI-03-0691-1996 standard. In addition, the use 10% of rice husk ash or 10% of sago fiber ash can be used to be applied to garden.

Keywords: Concrete brick, palm oil fuel ash, rice husk ash, sago fiber ash, compressive strength, water absorption, sulfate resistance

Abstrak

Bata beton atau paving blok adalah salah satu bahan konstruksi yang digunakan pada lapisan atas struktur jalan selain aspal dan cor beton. Pada penelitian ini, penggunaan abu cangkang sawit (ACS), abu sekam padi (ASP) dan abu serat sagu (ASS) digunakan pada bata beton. Pengaruh ACS, ASP, dan ASS terhadap kinerja bata beton diteliti yaitu kekuatan tekan, penyerapan dan ketahanan sulfat dengan metode siklus basah-kering pada umur 28 hari. Campuran bata beton dibuat dengan komposisi semen terhadap pasir sebesar 1:3, factor air semen (FAS) sebesar 0.39 dan dirawat dengan cara disiram dan disimpan di laboratorium pada kondisi suhu ruang yang tidak dikontrol (*uncontrolled room*). Hasil pengujian menunjukkan hanya penggunaan 10% ACS yang memiliki kinerja bata beton yang sama dengan bata beton kontrol sesuai standar SNI-03-0691-1996. Selain itu, penggunaan 10% ASP maupun 10% ASS dapat digunakan untuk diaplikasikan pada taman.

Kata kunci: Bata beton, abu cangkang sawit, abu sekam padi, abu serat sagu, kuat tekan, serapan air, ketahanan sulfat

1. Pendahuluan

Bata beton/ paving blok adalah salah satu bahan konstruksi yang digunakan pada lapisan atas struktur jalan. Sekarang ini, lebih banyak konsumen yang memilih menggunakan bata

beton/ paving blok dibandingkan perkerasan lain seperti aspal dan cor beton. Bata beton juga banyak digunakan untuk aplikasi yang beragam termasuk parkir, trotoar dan saluran samping trotoar karena kelebihanannya seperti

pengurangan limpasan badai, pengisian air tanah dan, perkolasi air hujan [1]. Tingginya minat konsumen terhadap bata beton karena konstruksi perkerasan bata beton yang ramah lingkungan dimana bata beton membantu konservasi air tanah, mudah dalam dipasang, pelaksanaan cepat, mudah pemeliharaan, dan harga mudah dijangkau. Selain itu, bata beton memiliki beragam bentuk yang menambah nilai estetika dan keindahan. Bata beton terbuat dari komposisi bahan konstruksi campuran semen Portland, agregat halus dan air dan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu dari beton tersebut.

Semen merupakan bahan utama yang sangat mempengaruhi pengerasan dan pengikat pada bata beton. Saat semen bercampur dengan air maka proses hidrasi atau proses kimia akan berlangsung. Reaksi kimia dari trikalsium silikat (C_3S) dan kalsium silikat (C_2S) semen dengan air akan menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH), panas, dan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$). $Ca(OH)_2$ yang dihasilkan menyebabkan larutan pori beton bersifat basa kuat dan tidak larut dalam air sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton tersebut. Untuk mencegah hal tersebut maka digunakan pozzolan pada campuran Portland yang disebut semen Portland pozzolan. Pozzolan terdiri dari campuran silica dengan campuran alumunium yang memiliki sedikit sifat semen. Pozzolan akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa dan membentuk bahan yang memiliki sifat semen, sehingga membuat beton semakin padat dan kuat tekannya bertambah. Namun dengan biaya relatif mahal, timbul inovasi untuk mengolah limbah-limbah yang memiliki unsur kimia yang hampir sama dengan pozzolan itu sendiri. Beberapa penelitian penggunaan limbah seperti *Fly Ash*, *metakaolin*, *silica fume*, *Blast Furnace Slag (BFS)*, abu sekam padi, abu cangkang sawit pada beton ataupun paving blok telah banyak dilakukan [2]- [12].

Beberapa limbah yang dimanfaatkan yaitu abu cangkang sawit (ACS), abu sekam padi (ASP) dan abu serat sugu (ASS) yang terdapat di Sulawesi Barat. Pemanfaatan ketiga limbah

ini masih kurang dimanfaatkan. Limbah ini hanya dibuang atau dibakar begitu saja dan menambah tingkat polusi dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah abu cangkang sawit, abu sekam padi dan abu serat sugu sebagai bahan pengganti semen terhadap kinerja bata beton yaitu kuat tekan, penyerapan air, dan kehilangan berat sesuai SNI-03-0691-1996. Variasi 1 menggunakan ACS dengan komposisi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat semen; variasi 2 menggunakan ASP dengan komposisi 10%, 20%, dan 30% terhadap berat semen; serta variasi 3 menggunakan ASS dengan komposisi 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% terhadap berat semen.

2. Metode

2.1. Material

Semen yang digunakan dalam produksi bata beton/paving blok mengacu pada SNI 15-7064-2004 yaitu *Portland Composite Cement (PCC)* dengan berat jenis 3.145 kg/m^3 . Dalam penelitian ini digunakan abu cangkang sawit (ACS), abu sekam padi (ASP), dan abu serat sugu (ASS) dalam menggantikan sebagian semen (Gambar 1). Abu cangkang sawit berasal dari limbah yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit yang berada di Kec. Budong-Budong, Kab. Mamuju Tengah, Sulawesi Barat. Abu sekam padi berasal dari Desa Bumiayu Kec. Wonomulyo. Abu serat sugu berasal dari Lingkungan Magge, Kec. Banggae, Kab. Majene. Komposisi kimia dasar ASP, ACS dan ASS dapat dilihat pada Tabel 1. Sebelum digunakan ASP, ACS dan ASS ini disaring lolos saringan No. 50.

Tabel 1. Komposisi kimia PCC, ACS, ASP, dan ASS

Kandungan	PCC	ACS	ASP	ASS
SiO ₂	20.5	54.32	93.61	73.48
Al ₂ O ₃	5.5	-	-	-
Fe ₂ O ₃	3.9	9.23	0.29	1.06
CaO	62	15.27	0.7	24.06
MgO	0.89	-	-	-
K ₂ O	-	14.13	3.52	0.96
SO ₃	2.8	-	-	-
P ₂ O ₅	-	5.38	1.26	-



Gambar 1. Penampakan ACS, ASP, dan ASS

Agregat halus yang dipakai adalah pasir sungai dari quarry Sungai Mappili Kab.Majene yang memiliki berat jenis dan modulus kehalusan berturut-turut sebesar 2.46 dan 2.64 (Tabel 2). Ukuran maksimum dari agregat halus adalah 4.75 mm. Ukuran hasil analisa saringan dari agregat halus yang sesuai dengan SNI ASTM C16-2012 dapat dilihat dari Tabel 3. Air tawar digunakan dalam pembuatan bata beton diperoleh dari sumur bor Lab. Terpadu Unsulbar.

Tabel 2. Karakteristik agregat

Komponen	Pasir
Kadar lumpur, %	0.49
Berat jenis, g/m ³	2.46
Modulus	2.64
penyerapan air, %	1.69
Kadar organis	No.2
Kadar air, %	7.22

Tabel 3. Gradasi agregat

Ukuran	Material: Agregat
12.5	100
9.5	100
4.75	100
2.36	99.5
1.18	94.7
0.6	79.3
0.3	20.4
0.15	0.7

2.2. Desain dan Persiapan Spesimen

Sebanyak 14 tipe mix bata beton disiapkan dalam penelitian ini dengan jumlah 3 variasi penggunaan mineral admixture sebagai pengganti semen yaitu ACS, ASP dan ASS. Untuk campuran bata beton menggunakan perbandingan semen banding pasir yaitu 1:3 dengan FAS yaitu 39%. Pada penelitian ini sebanyak 168 spesimen bata beton dicetak. Komposisi campuran bata beton dapat dilihat pada Tabel 3, dimana terdapat 3 variasi spesimen. Variasi 1 menggunakan ACS dengan komposisi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat semen; variasi 2 menggunakan ASP dengan komposisi 10%, 20%, dan 30% terhadap berat semen; serta variasi 3 menggunakan ASS dengan komposisi 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% terhadap berat semen. Selain itu, control spesimen untuk bata beton normal diberikan penamaan kontrol. Bata beton didesain dengan target ≥ 17 MPa di umur 28 hari yaitu untuk peruntukan parkir berdasarkan SNI 03-0691-1996.

Pembuatan dan pencetakan bata beton dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat cetak bata beton secara manual. Tahap pencampuran bata beton yaitu tahap awal memasukkan semen dan pasir dalam kondisi kering ke dalam mixer lalu dicampur hingga menyatu selama 60 detik. Selanjutnya masukkan air sedikit demi sedikit lalu diaduk dengan mixer hingga homogen selama 120 detik. Lalu matikan mixer, masukkan campuran segar ke dalam cetakan ukuran 200 mm x 100 mm x 80 mm menggunakan alat cetak manual. Hasil cetakan bata beton diletakkan di laboratorium pada suhu ruang yang tidak terkontrol selama 20-24 jam. Perawatan pada suhu ruang yang tidak terkontrol dilakukan agar mudah diaplikasikan di lapangan. Setelah 20-24 jam, perawatan dilakukan yaitu dengan cara menyiram spesimen dengan air setiap 2x sehari hingga periode pengujian tertentu. Prosedur pembuatan, pencetakan dan pengujian tekan bata beton dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 3. Komposisi campuran bata beton

Tipe mix	Semen				Pasir	Jumlah spesimen
	PCC	ASP	ACS	ASS		
Kontrol	1	-	-	-	3	12
ACS-10	0.90	-	0.10	-	3	12
ACS-20	0.80	-	0.20	-	3	12
ACS-30	0.70	-	0.30	-	3	12
ACS-40	0.60	-	0.40	-	3	12
ACS-50	0.50	-	0.50	-	3	12
ASP-10	0.90	0.10	-	-	3	12
ASP-20	0.80	0.20	-	-	3	12
ASP-30	0.70	0.30	-	-	3	12
ASS-5	0.95	-	-	0.05	3	12
ASS-10	0.90	-	-	0.10	3	12
ASS-15	0.85	-	-	0.15	3	12
ASS-20	0.80	-	-	0.20	3	12
ASS-25	0.75	-	-	0.25	3	12

2.3. Metode Pengujian

Semua pengujian kinerja bata beton mengacu pada SNI-03-0691-1996 meliputi pengujian kuat tekan di umur 7 dan 28 hari, uji penyerapan air di umur 28 hari, dan uji ketahanan sulfat menggunakan metode siklus basah-kering saat bata beton telah berumur 28 hari.

Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan laju tekan sebesar 4,0 kN/detik (tanpa kejut) hingga beban maksimum tercapai dan terjadi kegagalan pada bata beton. Sebanyak lima spesimen dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan bata beton untuk setiap tipe mix. Kuat tekan beton dihitung dengan Persamaan 1, dimana P adalah beban maksimum (N), A adalah luas permukaan bata beton (mm²), dan σ adalah nilai kuat tekan (MPa atau N/mm²).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Menurut SNI 03-0691-2004, kuat tekan minimum pada umur 28 hari pada paving blok untuk peruntukan pelataran parkir, pedestrian dan taman berturut-turut sebesar 17 MPa (Kelas

B), 12.5 MPa (Kelas C), dan 8.5 MPa (Kelas D).

Penyerapan Air

Sebelum pengujian penyerapan air dilakukan, terlebih dahulu bata beton direndam di dalam air selama 24 jam. Setelah 24 jam, berat kering permukaan jenuh (W_1) ditimbang dengan cara air pada permukaan bata beton dilap. Spesimen kemudian di oven pada suhu 105°C hingga mendapatkan berat kering konstan (W_2). Penyerapan air dihitung dengan Persamaan 2. Nilai penyerapan air diambil dari rata-rata tiga spesimen untuk setiap tipe mix bata beton.

$$WA = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (2)$$

Menurut SNI 03-0691-2004 bahwa penyerapan air untuk bata beton pada umur 28 hari untuk peruntukan pelataran parkir, pedestrian dan taman berturut-turut sebesar 6%, 8%, dan 10%.

Ketahanan sulfat

Pengujian ketahanan sulfat ini dilakukan selama lima siklus dengan metode siklus basah-kering. Sebelum siklus pertama dimulai, spesimen dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga berat kering konstan (W_2). Satu siklus terdiri dari perendaman dalam 5% larutan Na₂SO₄ selama 16-18 jam, lalu dikeringkan pada suhu 105°C selama 2 jam. Setelah lima siklus selesai, berat bata beton ditimbang (W_3). Durabilitas bata beton didapat dari analisa perubahan berat setelah selesai siklus. Ketahanan sulfat diambil dari rata-rata tiga spesimen untuk setiap tipe mix bata beton.

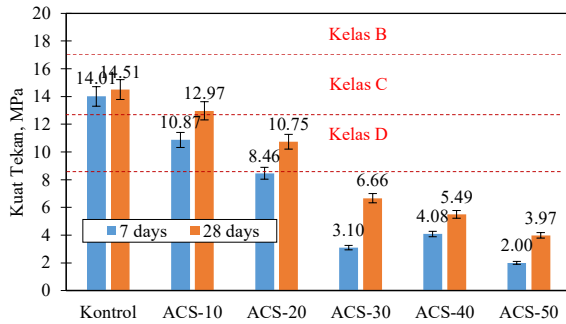
Menurut SNI 03-0691-1996, kehilangan berat yang dipersyaratkan pada bata beton adalah maksimum 1%.

3. Hasil dan Pembahasan Penelitian

3.1. Kuat Tekan

Kuat tekan bata beton untuk semua variasi bata beton ACS, ASP dan ASS pada umur 7 hari dan 28 hari masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

Gambar 2 menyajikan kuat tekan bata beton menggunakan ACS pada umur 7 hari dan 28 hari. Kuat tekan spesimen kontrol pada umur 7 hari dan 28 hari berturut-turut sebesar 14.01 MPa dan 14.51 MPa dan masuk klasifikasi bata beton yaitu kelas C (peruntukan pedestrian) berdasarkan SNI 03-0691-2004.

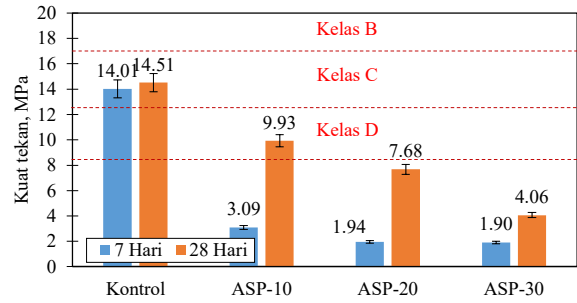


Gambar 2. Kuat tekan bata beton menggunakan ACS pada umur 7 hari dan umur 28 hari

Berdasarkan Gambar 2, untuk bata beton berumur 7 hari, hanya bata beton yang menggunakan ACS sebesar 10% yang masuk klasifikasi kelas D (peruntukan taman) dengan kuat tekan 10.87 MPa. Sementara jika dibandingkan dengan spesimen kontrol, kinerja bata beton menurun dari kelas C menjadi kelas D jika bata beton menggunakan ASP. Untuk bata beton berumur 28 hari, bata beton yang menggunakan ACS sebesar 20% masuk klasifikasi kelas D (peruntukan taman) dengan kuat tekan 10.75 MPa. Selanjutnya bata beton yang menggunakan ACS sebesar 10% masuk klasifikasi kelas C (peruntukan pedestrian) dengan kuat tekan 12.97 MPa. Hal ini berarti penggunaan 10% ACS dapat menggantikan bata beton control dikarenakan memiliki klasifikasi peruntukan yang sama, yaitu kelas C.

Gambar 3 menyajikan kuat tekan bata beton menggunakan ASP pada umur 7 hari dan 28 hari. Berdasarkan Gambar 3, untuk bata beton berumur 7 hari, tidak ada spesimen yang masuk klasifikasi memenuhi SNI 03-0691-2004. Untuk bata beton berumur 28 hari, bata beton yang menggunakan ASP sebesar 10% masuk klasifikasi kelas D (peruntukan taman) dengan kuat tekan 9.93 MPa. Sementara jika dibandingkan dengan spesimen kontrol, kinerja

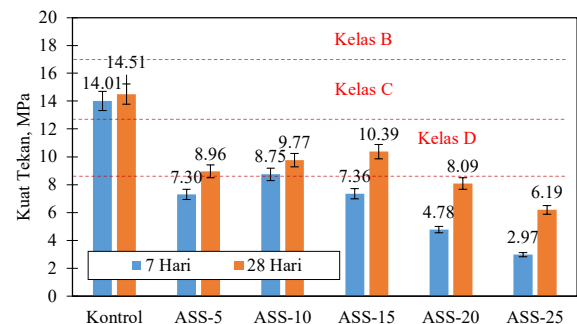
bata beton menurun dari kelas C menjadi kelas D jika bata beton menggunakan ASP.



Gambar 3. Kuat tekan bata beton menggunakan ASP pada umur 7 hari dan umur 28 hari

Gambar 4 menyajikan kuat tekan bata beton menggunakan ASS pada umur 7 hari dan 28 hari. Berdasarkan Gambar 4, untuk bata beton berumur 7 hari, hanya bata beton yang menggunakan ASS sebesar 10% yang masuk klasifikasi kelas D (peruntukan taman) dengan kuat tekan 8.75 MPa. Sementara jika dibandingkan dengan spesimen kontrol, kinerja bata beton menurun dari kelas C menjadi kelas D jika bata beton menggunakan ASS.

Untuk bata beton berumur 28 hari, kuat tekan bata beton yang menggunakan ASS 5%, 10% dan 15% berturut-turut sebesar 8.96 MPa, 9.77 MPa, dan 10.39 MPa dan masuk klasifikasi kelas D (peruntukan taman). Sementara jika dibandingkan dengan spesimen kontrol, kinerja bata beton menurun dari kelas C menjadi kelas D jika bata beton menggunakan ASS.

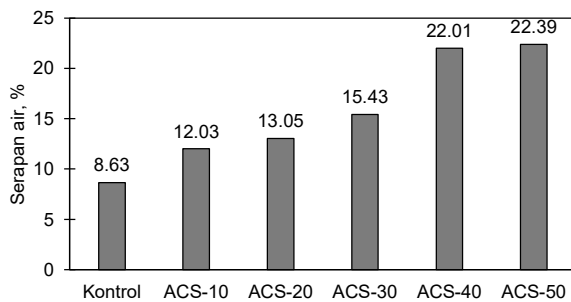


Gambar 4. Kuat tekan bata beton menggunakan ASS pada umur 7 hari dan umur 28 hari

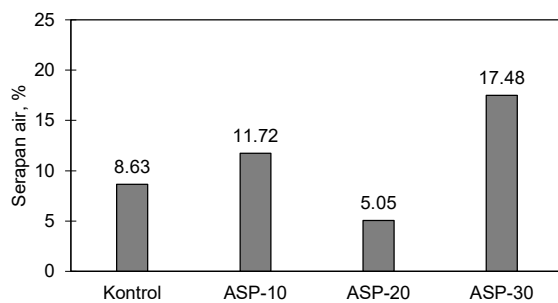
3.2. Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air semua variasi bata beton ACS, ASP dan ASS steelah berumur 28 hari masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7. Untuk spesimen kontrol diperoleh nilai serapan air sebesar 8.63% dan masuk klasifikasi kelas D yaitu untuk peruntukan taman sesuai SNI 03-0691-2004. Gambar 5 menyajikan nilai serapan air pada bata beton menggunakan ACS. Berdasarkan Gambar 5, jika ditinjau dari penyerapan airnya, bata beton menggunakan ACS 10-50% ini tidak ada yang memenuhi klasifikasi bata beton. Nilai serapan air bata beton menggunakan ACS 10-50% lebih besar dari 10%.

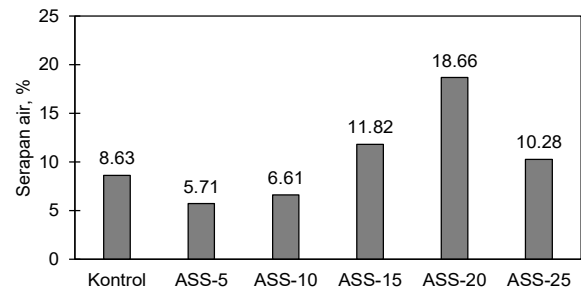
Gambar 6 menyajikan nilai serapan air pada bata beton menggunakan ASP. Berdasarkan Gambar 6, jika ditinjau dari penyerapan airnya, hanya bata beton menggunakan ACS 20% memenuhi klasifikasi bata beton kelas C (peruntukan pedestrian). Nilai serapan air bata beton menggunakan ACS 10% dan 350% lebih besar dari 10% dan tidak masuk klasifikasi bata beton manapun.



Gambar 5. Penyerapan air bata beton menggunakan ACS



Gambar 6. Penyerapan air bata beton menggunakan ASP



Gambar 7. Penyerapan air bata beton menggunakan ASS

Gambar 7 menyajikan nilai serapan air pada bata beton menggunakan ASS. Berdasarkan Gambar 7, jika ditinjau dari penyerapan airnya, hanya bata beton menggunakan ASS 5% dan 10% yang memenuhi klasifikasi bata beton masing-masing kelas C (peruntukan pedestrian) dan kelas D (peruntukan taman). Sementara, nilai serapan air bata beton menggunakan ACS 15%, 20% dan 25% lebih besar dari 10% dan tidak masuk klasifikasi bata beton manapun.

3.3. Ketahanan Sulfat

Hasil ketahanan bata beton terhadap garam sulfat (Na_2SO_4) dengan metode basah kering dapat dilihat pada Tabel 4. Untuk spesimen kontrol memiliki perubahan berat sebesar 0.29%. Untuk bata beton menggunakan ACS 10%, 20%, 30% dan 40% memiliki perubahan berat kurang dari 1%. Bahkan spesimen ACS dengan penggunaan 20%, 30% dan 40% bernilai minus dimana berat setelah perendaman sulfat bertambah. Hanya spesimen ACS dengan penggunaan 50% yang memiliki kehilangan berat lebih dari %.

Tabel 4. Perubahan berat

Tipe MIX	Perubahan berat, %	Kelas bata beton
Kontrol	0.29	OK
ACS-10	0.70	OK
ACS-20	-2.08	OK
ACS-30	-12.00	OK
ACS-40	-11.57	OK
ACS-50	4.22	-
ASP-10	-1.48	OK
ASP-20	2.22	-
ASP-30	5.40	-
ASS-5	-2.09	OK
ASS-10	-0.59	OK
ASS-15	-7.26	OK
ASS-20	-7.42	OK
ASS-25	2.26	-

Untuk bata beton menggunakan ASP 10% memiliki perubahan berat kurang dari 1% dengan nilai -1.48%. Sementara spesimen ASP dengan penggunaan 20% dan 30% yang memiliki kehilangan berat lebih dari %.

Untuk bata beton menggunakan ASP 5%, 10%, 15%, dan 20% memiliki perubahan berat kurang dari 1% dan memiliki penambahan berat setelah perendaman siklus garam sulfat. Hanya spesimen ASP dengan penggunaan 25% memiliki kehilangan berat lebih dari %.

3.4. Kinerja Bata Beton

Rekapitulasi kinerja bata beton disajikan pada Tabel 5. Rekapitulasi hasil pengujian kinerja bata beton pada Tabel 5 dibandingkan dengan standar SNI -03-0691-1996 pada Tabel 6 untuk menentukan kriteria kelas bata beton. Selain kriteria kelas pada Tabel 6, ketahanan terhadap sodium sulfat (Na_2SO_4) juga harus memenuhi yaitu tidak boleh cacat dan kehilangan berat maksimum sebesar 1%. Berdasarkan standar SNI-03-0691-1996, bata beton kontrol memenuhi standar bata beton mutu C yang digunakan untuk pedestrian. Jika ditinjau hanya pada kuat tekan dan kehilangan berat, penggunaan 10% ACS memenuhi standar bata beton mutu C yang digunakan untuk pedestrian. Untuk penggunaan 10% ASP memenuhi standar bata beton mutu D yang digunakan untuk taman, juga jika hanya ditinjau dari kuat tekan dan kehilangan berat. Sedangkan penggunaan 10% ASS juga memenuhi standar bata beton mutu D yang digunakan untuk taman dimana semua kriteria terpenuhi untuk kuat tekan, penyerapan air dan kehilangan beratnya.

Tabel 5. Hasil pengujian kinerja bata beton

Tipe MIX	Kuat Tekan, Mpa	Penyerapan air,%	Kehilangan berat, %
Kontrol	14.51	8.63	0.29
ACS-10	12.97	12.03	0.70
ACS-20	10.75	13.05	-2.08
ACS-30	6.66	15.43	-12.00

ACS-40	5.49	22.01	-11.57
ACS-50	3.97	22.39	4.22
ASP-10	9.93	11.72	-1.48
ASP-20	7.68	5.05	2.22
ASP-30	4.06	17.48	5.40
ASS-5	8.96	5.71	-2.09
ASS-10	9.77	6.61	-0.59
ASS-15	10.39	11.82	-7.26
ASS-20	8.09	18.66	-7.42
ASS-25	6.19	10.28	2.26

Tabel 6. Kriteria mutu bata beton berdasarkan SNI -03-0691-1996

Kelas	Kuat Tekan, MPa		Maks penyerapan air, %	Maks kehilangan berat, %
	Rata-rata	Min.		
A	40	35	3	1
B	20	17	6	1
C	15	12.5	8	1

Berdasarkan hasil kinerja bata beton, hanya penggunaan 10% ACS yang dapat digunakan menggantikan bata beton normal yang dapat diterapkan pada pedestrian. Sementara penggunaan 10% ASP maupun 10% ASS dapat digunakan untuk diaplikasikan pada taman.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tentang perbandingan kinerja bata beton menggunakan ACS, ASP dan ASS, hanya penggunaan 10% ACS yang memiliki kinerja bata beton yang sama dengan bata beton kontrol yaitu meliputi kuat tekan, penyerapan, maupun ketahanan terhadap garam sulfat yang memenuhi standar SNI-03-0691-1996. Selain itu, penggunaan 10% ASP maupun 10% ASS dapat digunakan untuk diaplikasikan pada taman.

6. Daftar Pustaka

- [1] Hatanaka, S., Mishima, N., Maegawa, A. and Sakamoto, E., 2014. Fundamental study on properties of small particle size porous concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 12(1), pp.24-33.
- [2] RT, A.S.R. and Sunitha, V., 2021. Mechanical and structural performance evaluation of pervious interlocking paver

- blocks. *Construction and Building Materials*, 292, p.123438.
- [3] Patah, D. and Dasar, A., 2022, September. Strength Performance of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM). In *Journal of The Civil Engineering Forum* (pp. 261-276).
- [4] Patah, D., Dasar, A., Hamada, H. and Astuti, P., 2021, February. Effects of Mineral Admixture on Electrical Resistivity and Permeability of Chloride Contaminated Mortar. In *4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)* (pp. 60-63). Atlantis Press.
- [5] Antiohos, S.K., Papadakis, V.G. and Tsimas, S., 2014. Rice husk ash (RHA) effectiveness in cement and concrete as a function of reactive silica and fineness. *Cement and concrete research*, 61, pp.20-27.
- [6] Hwang, C.L. and Chandra, S., 1996. The use of rice husk ash in concrete. In *Waste materials used in concrete manufacturing* (pp. 184-234). William Andrew Publishing.
- [7] Khan, R., Jabbar, A., Ahmad, I., Khan, W., Khan, A.N. and Mirza, J., 2012. Reduction in environmental problems using rice-husk ash in concrete. *Construction and Building Materials*, 30, pp.360-365.
- [8] Oyejobi, D.O., Abdulkadir, T.S. and Ahmed, A.T., 2015. A study of partial replacement of cement with palm oil fuel ash in concrete production. *Journal of Agricultural Technology*, 12(4), pp.619-631.
- [9] Salih, M.A., Ali, A.A.A. and Farzadnia, N., 2014. Characterization of mechanical and microstructural properties of palm oil fuel ash geopolymer cement paste. *Construction and Building Materials*, 65, pp.592-603.
- [10] Oner, A.D.N.A.N., Akyuz, S. and Yildiz, R., 2005. An experimental study on strength development of concrete containing fly ash and optimum usage of fly ash in concrete. *Cement and Concrete Research*, 35(6), pp.1165-1171.
- [11] Babu, K.G. and Prakash, P.S., 1995. Efficiency of silica fume in concrete. *Cement and concrete research*, 25(6), pp.1273-1283.