

Kuat Tekan Beton OPC Abu Terbang (*Fly Ash*) di Air Gambut

Arnef Frenki¹⁾, Alfian Kamaldi²⁾, Monita Olivia²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1, ²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil

Laboratorium Teknologi Bahan Teknik Sipil Universitas Riau

Program Studi Teknik Sipil S1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. H.R. Soebrantas KM. 12,5 Simpang Baru, Tampan, Pekanbaru 28293

E-mail: arnef.frenki@student.unri.ac.id

ABSTRACT

This study examines the mechanical properties of Ordinary Portland Cement (OPC) concrete and OPC concrete containing fly ash immersed in peat water. Fly ash as a pozzolanic material with high silica content is used as substitution of 25% of the volume of cement. The designed concrete strength was 21 MPa. Concrete Specimens was made in the cylinder mould with a diameter of 105 mm and height of 210 mm. The samples were first cured in fresh water for 28 days and then they were immersed in peat water for 7 and 28 days. The mechanical properties was evaluated by measuring the compressive strength of the concrete specimens. The total number of test specimens was 9 pieces, with 3 test specimens for each variation and testing age, which is without immersion, 7 and 28 days immersion in peat water. The pH value of peat water was ranging from 3.0 to 5.0. The result showed that the compressive strength of OPC concrete immersed in peat water decreased while the compressive strength of OPC concrete containing fly ash was dependent of how long the specimen was cured in peat water. The compressive strength of OPC-21 decreased by 7.08% at 28 days immersion in peat water while the compressive strength of OPC-FA-21 showed an increase of 8.81%.

Keywords: *Compressive strength, OPC, Fly Ash (FA), peat water*

1. PENDAHULUAN

Abu terbang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Umboh *et al.*, 2014). Pembakaran batu bara menghasilkan 5% polutan padat atau abu, dengan sekitar 80-90% dari total jumlah abu berupa abu terbang, dan 10-20% sisanya berupa abu dasar (Wardani, 2008). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Tahun 2016, produksi batu bara Indonesia pada tahun 2015 yakni sebesar 405,9 juta ton. Apabila semua batu bara tersebut digunakan sebagai sumber energi pada tahun 2015, maka telah dihasilkan sekitar 17,25 juta ton abu terbang pada tahun itu. Hal ini menunjukkan bahwa

semakin besar jumlah produksi batu bara akan menghasilkan abu terbang dalam jumlah yang besar pula, sehingga perlu dimanfaatkan sebagai bahan nutrisi untuk tanah, bahan stabilisasi pada tanah, *filler* pada perkerasan aspal, dan bahan tambah pada beton agar tidak terjadi penumpukan di alam.

Pemanfaatan abu terbang sebagai bahan tambah dalam campuran beton merupakan salah satu usaha untuk menanggulangi masalah penumpukan abu terbang yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan sekitarnya (Suarnita, 2011). Abu terbang dapat digunakan dalam campuran beton berkisar antara 15% hingga 35% dari total berat material semen (Vargas, 2007). Pada awalnya abu terbang digunakan sebagai bahan penambah semen dengan kadar 5% -

20% dengan maksud untuk menambah plastisitas adukan beton dan menambah kekedapan beton (Sebayang, 2010). Pemikiran ini sangat beralasan karena secara mekanik abu terbang akan mengisi rongga antara butiran semen.

Menurut Umboh *et al.* (2014) dan Wardani (2008) penggunaan abu terbang hingga 30% sebagai material pengganti semen pada beton dapat menghasilkan kuat tekan mendekati kuat tekan beton tanpa abu terbang dan dapat menambah daya tahan dan ketahanan terhadap bahan kimia.

Provinsi Riau merupakan wilayah yang memiliki lahan gambut yang terluas di Sumatra yaitu sebesar 4,044 juta ha (56,1% dari total luas lahan gambut di Sumatra) (Muslim & Kurniawan, 2008). Air gambut merupakan air permukaan dari tanah bergambut, air gambut umumnya mempunyai tingkat keasaman yang relatif tinggi dengan kisaran pH 3 – 5 (Agus & Subiksa, 2008).

Beton yang terpapar oleh air gambut akan mengalami kerusakan dan penurunan kekuatan beton. Hasil penelitian Olivia *et al.* (2017) menunjukkan bahwa beton semen OPC mengalami penurunan kuat tekan yang cukup signifikan dari umur 28 hari hingga umur 120 hari di lingkungan air gambut.

Berlandaskan penelitian terdahulu maka dilakukan solusi alternatif untuk meningkatkan ketahanan beton di lingkungan gambut dengan menggunakan bahan pozzolan sebagai substitusi semen. Hasil penelitian Pradana *et al.* (2013) beton OPC dengan 10% *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) menunjukkan peningkatan kuat tekan beton pada umur 28 hari setelah perendaman di lingkungan gambut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material terdiri dari pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan agregat halus, dan komposisi kimia abu terbang (FA) dan air gambut. Seluruh material berasal dari Kabupaten Kampar,

Provinsi Riau yang terdiri dari material agregat kasar merupakan batu pecah yang diperoleh dari Sungai Kampar, material agregat halus merupakan pasir sungai yang diperoleh dari Sungai Kampar, Desa Teratak Buluh, dan abu terbang diperoleh dari PLTU Ombilin Sawahlunto, serta air gambut berasal dari kanal air gambut di Desa Rimbo Panjang.

Adapun jenis pemeriksaan material agregat kasar dan agregat halus yang dilakukan tertera pada Tabel 1. Pemeriksaan komposisi kimia abu terbang dilakukan dengan mengirim sebagian sampel abu terbang ke PT. Sucofindo cabang Pekanbaru. Sedangkan pemeriksaan kandungan kimia air gambut dilakukan dengan mengirim sebagian sampel air gambut ke Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang.

Tabel 1. Pengujian Material

Jenis Pengujian	Sumber
Kadar Lumpur	SNI 03-2461-2002
Berat Jenis	SNI 03-1970-1990
Kadar Air	SNI 03-1971-1990
Modulus	SNI 03-1968-1990
Kehalusan	SNI 03-1969-1990
Berat Volume	SNI 03-4804-1998
Ketahanan Aus	SNI 03-2417-1991
Kandungan Organik	SNI 2816-2014

2.2 Perencanaan & Pembuatan Benda Uji

Perencanaan campuran (*Mix design*) dilakukan untuk mengetahui besar komposisi seluruh campuran dengan menggunakan metode ACI 318-08. Hasil perhitungan komposisi campuran untuk 1 m³ beton dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Komposisi campuran untuk 1 m³ beton

Material	Komposisi (kg/m ³)
Semen	350,88
Air Normal	225,36

Material	Komposisi (kg/m ³)
Agregat Kasar	932,73
Agregat Halus	814,81

Jumlah benda uji sebanyak 9 benda uji untuk setiap pengujian dengan jumlah benda uji sebanyak 3 benda uji untuk setiap variasi dan umur pengujian, yaitu 0, 7 dan 28 hari di air gambut. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 105×210 mm untuk pengujian kuat tekan.

2.3 Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton. Pengujian dilakukan setelah benda uji direndam (*curing*) menggunakan air biasa selama 28 hari yang dilanjutkan di air gambut selama 7 dan 28 hari.

2.3.1 Kuat Tekan

Menurut SNI 1974-2011 kuat tekan beton (f'_c) adalah besarnya beban per satuan luas permukaan. Sampel beton diuji dengan cara dibebani gaya tekan tertentu hingga hancur, hasil pengujian akan terlihat pada mesin uji kuat tekan beton. Berikut rumus pengujian kuat tekan:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad \dots (1)$$

dengan :

f'_c = kuat tekan beton (N/mm² atau MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm²)



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Material Agregat

Pengujian material agregat kasar dan halus untuk pembuatan beton dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat dalam perencanaan campuran (*mix design*) benda uji. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian material agregat kasar dan halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Standar Spesifikasi
Agregat Kasar			
1	Modulus Kehalusan	7,64	5 - 8
2	Berat Jenis		
	a. <i>Apparent specific gravity</i> (%)	2,61	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity (kering)</i>	2,59	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk specific gravity (SSD)</i>	2,60	2,58 - 2,83
	d. <i>Absorption</i> (%)	0,28	2 - 7
3	Kadar Air (%)	0,40	3 - 5
4	Berat Volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi Padat	1,46	1,4 - 1,9
	b. Kondisi Gembur	1,32	1,4 - 1,9
5	Ketahanan Aus (%)	34,18	< 40
Agregat Halus			
1	Modulus Kehalusan	3,35	1,5 - 3,8
2	Berat Jenis		
	a. <i>Apparent specific gravity</i> (%)	2,76	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity (kering)</i>	2,51	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,60	2,58 - 2,83
	d. <i>Absorption</i> (%)	3,63	2 - 7
3	Kadar Air (%)	0,50	3 - 5
4	Berat Volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi Padat	1,50	1,4 - 1,9
	b. Kondisi Gembur	1,31	1,4 - 1,9
5	Kadar Lumpur (%)	4	< 5
6	Kadar Zat Organik	No.3	≤ No.3

3.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Abu Terbang (FA)

Abu terbang yang digunakan berasal dari PT. PLTU Ombilin, Sawahlunto. Sebelum menggunakannya, abu terbang terlebih dahulu di keringkan dalam oven hingga berat tetap dan diayak dengan saringan No. 200. Adapun komposisi kimia yang terkandung dalam abu terbang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Komposisi kimia abu terbang

No.	Parameter	Komposisi (%)
1	K ₂ O	2,23
2	SiO ₂	59,25
3	Al ₂ O ₃	29,25
4	Fe ₂ O ₃	5,45
5	CaO	1,54
6	MgO	0,31
7	Na ₂ O	0,68
8	SO ₃	0,29
9	P ₂ O ₅	0,04
10	LOI	18,98

Berdasarkan data dari PT. Sucofindo Cabang Pekanbaru (2018), intensitas SiO₂ (silika) + Al₂O₃ (alumina) + Fe₂O₃ lebih dari 70%. Lain hal dengan kadar CaO yaitu kurang dari 10%, hal ini mengisyaratkan abu terbang yang berasal dari PT. PLTU Ombilin Sawahlunto adalah kelas F.

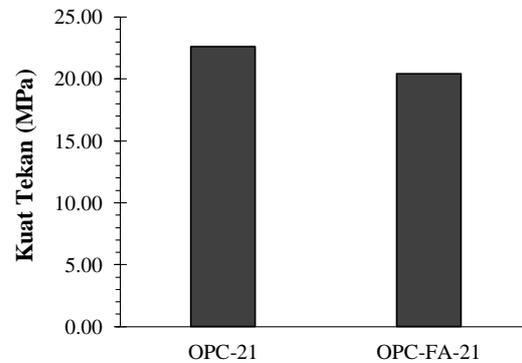


Gambar 2. Tampak Visual Abu Terbang

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

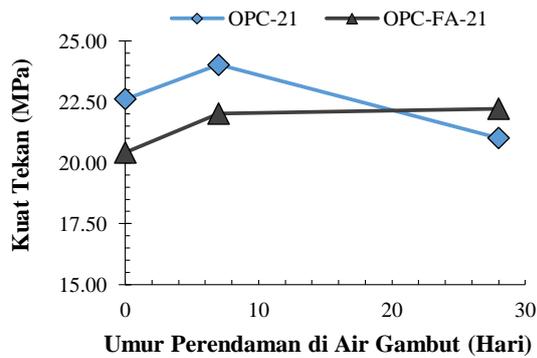
Pengujian kuat tekan merupakan pengujian yang bersifat merusak karena menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Besarnya gaya yang menekan suatu luasan

benda uji beton disebut kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan setelah benda uji direndam (*curing*) pada air biasa selama 28 hari untuk mendapatkan kondisi matang beton yang kemudian dilanjutkan perendaman di air gambut selama 7 dan 28 hari. Hasil kuat tekan beton tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton setelah *Curing* 28 Hari

Hasil pengujian pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kuat tekan beton OPC dengan 25% substitusi abu terbang belum mencapai kuat tekan rencana, akan tetapi perbedaan ini tidak terlalu signifikan. Nilai kuat tekan dari beton OPC yakni 22,62 MPa sedangkan kuat tekan beton OPC abu terbang sebesar 20,42 MPa. Hal ini disebabkan oleh kandungan kalsium pada beton semakin menjadi lebih sedikit sehingga proses hidrasi semen menjadi lebih lama sementara kandungan silika pada abu terbang hanya mampu bereaksi setelah hidrasi terjadi. Chao-lung *et al.* (2011) mengatakan bahwa reaksi pozzolan mulai aktif setelah beton berumur 28 hari sehingga kuat tekan akan meningkat pada umur selanjutnya.



Gambar 4. Perbandingan Kuat Tekan Beton Campuran OPC-21 dan OPC-FA-21

Hasil pada Gambar 4 menunjukkan perbandingan nilai kuat tekan beton OPC-21 dengan beton OPC-FA-21 setelah *curing* 28 hari di air normal (0 hari) dan perendaman di air gambut (7 dan 28 hari). Beton OPC-21 mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari di air gambut sebesar 7,08% dibandingkan dengan kuat tekan 0 hari. Hasil penurunan kuat tekan ini menunjukkan bahwa beton OPC tidak tahan terhadap serangan asam dari air gambut. Eglinton (2003) menyatakan bahwa semen OPC adalah semen yang paling rentan diserang oleh asam. Ketika beton OPC terserang asam, maka senyawa kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) hasil dari hidrasi semen akan bereaksi dengan ion-ion asam membentuk gypsum, kemudian gypsum bereaksi lagi dengan C_3A yang merupakan salah satu senyawa utama pada semen membentuk *ettringite*. Pembentukan gypsum dan *ettringite* menyebabkan ekspansi, retak, kerusakan, dan terganggunya struktur beton dan pada akhirnya menyebabkan pengelupasan lapisan permukaan beton akibat melemahnya ikatan antar partikel beton (Goyal *et al.*, 2009), sehingga hal tersebut dapat menurunkan kuat tekan beton.

Beton OPC-FA-21 yang direndam di air gambut mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Beton OPC-FA-21 menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 8,81% pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan abu terbang dapat meningkatkan kuat tekan beton di air

gambut, tetapi peningkatan ini tidak terlalu besar dan signifikan. Hal ini disebabkan karena lambatnya reaksi pozzolanik antara silika pada abu terbang dengan kapur bebas hasil hidrasi semen dan air sehingga peningkatan kuat tekan tidak terlalu besar. Mehta & Monteiro (2001) menyatakan bahwa reaksi pozzolanik antara bahan pozzolan dengan kapur bebas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) bersifat lambat sehingga perkembangan kekuatan beton akan bersifat lambat pula.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Penggunaan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen dapat mempengaruhi sifat beton terutama pada kuat tekannya.
2. Kuat tekan beton OPC abu terbang lebih rendah dibandingkan dengan beton OPC pada umur 28 hari setelah *curing* di air normal. Hal ini disebabkan karena reaksi pozzolanik pada abu terbang bersifat lambat
3. Nilai kuat tekan beton OPC-21 turun sebesar 7,08% pada umur 28 hari perendaman di air gambut. Sedangkan beton substitusi abu terbang OPC-FA-21 terus mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur perendaman di air gambut.

4.2 Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut apabila menggunakan jenis abu terbang yang berbeda dari PLTU lain.
2. Perlu dilakukan penambahan umur rendaman untuk mengetahui pengaruh asam dan pengaruh abu terbang lebih lanjut terhadap ketahanan beton substitusi abu terbang di air gambut serta mengetahui batasan peningkatan kekuatan yang terjadi.
3. Perlu penelitian lebih lanjut apabila benda uji direndam langsung di lingkungan gambut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08)* (Vol. 2007).
- Agus, F., & Subiksa, I. G. M. (2008). *Lahan Gambut: Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*.
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Statistik Pertambangan Non Minyak dan Gas Bumi*. (S. M.Stat & R. G. B.St, Eds.). Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Chao-lung, H., Anh-tuan, B. Le, & Chuntsun, C. (2011). Effect of rice husk ash on the strength and durability characteristics of concrete. *Construction and Building Materials*, 25(9), 3768–3772. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.04.009>
- Eglinton, M. (2003). Resistance of Concrete to Destructive Agencies.
- Goyal, S., Kumar, M., Sidhu, D. S., & Bhattacharjee, B. (2009). Resistance of Mineral Admixture Concrete to Acid Attack, 7(2), 273–283.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2001). *Concrete Microstructure, Properties and Materials*.
- Muslim, & Kurniawan, S. (2008). Fakta Hutan dan Kebakaran Riau 2002-2007 Informasi atas Perubahan Hutan Gambut/Rawa Gambut Riau, Sumatera-Indonesia, (9), 1–17.
- Olivia, M., Pradana, T., & Sitompul, I. R. (2017). Properties of Plain and Blended Cement Concrete Immersed in Acidic Peat Water Canal (Vol. 171, pp. 557–563). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.372>
- Pradana, T., Olivia, M., & Sitompul, I. R. (2013). Kuat Tekan dan Porositas Beton Semen OPC, PCC dan OPC POFA di Lingkungan Gambut, 3, 1–10.
- PT. Sucofindo Cabang Pekanbaru. (2018). Hasil Pengujian Karakteristik Abu Terbang (PT. Sucofindo).
- Sebayang, S. (2010). Pengaruh Kadar Abu Terbang sebagai Pengganti Sejumlah Semen pada Beton Alir Mutu Tinggi, 14, 1–8.
- SNI 03-1968-1990. (1990). Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan kasar.
- SNI 03-1969-1990. (1990). Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.
- SNI 03-1970-1990. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat halus.
- SNI 03-1971-1990. (1990). Metode pengujian kadar air agregat.
- SNI 03-2417-1991. (1991). Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angles.
- SNI 03-2461-2002. (2002). Spesifikasi agregat ringan untuk beton ringan struktural, 2461.
- SNI 03-4804-1998. (1998). Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat, 1–6.
- SNI 1974-2011. (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.
- SNI 2816-2014. (2014). Metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton Standard Test Method for Organic Impurities in Aggregates.
- Suarnita, I. W. (2011). Kuat Tekan Beton dengan Aditif Fly Ash ex. PLTU Mpanau Tavaeli, 9 No.1, 1–10.
- Umboh, A. H., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) dari PLTU II Sulawesi Utara sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tekan Beton, 2(7), 352–358.
- Vargas, J. A. (2007). Practical Design : A

Supplement to Academics A
Designer's View of Fly Ash
Concrete, (February), 43–46.

Wardani, S. P. R. (2008). Disampaikan
pada Upacara Penerimaan Jabatan
Guru Besar Oleh Sri Prabandiyani
Retno Wardani, 1–71.