

# POROSITAS BETON *BLENDED* ABU TERBANG (*FLY ASH*) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DI AIR GAMBUT

Ramona Mardiah<sup>1)</sup>, Alfian Kamaldi<sup>2)</sup>, Monita Olivia<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1, <sup>2)</sup> 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: ramona.mardiah@student.unri.ac.id

## ABSTRACT

*One of the environmental conditions that can affect the quality of concrete is peat water. In this study an alternative was carried out to improve the durability of concrete in peat environments using pozzolanic material, one of them is fly ash. Fly ash has pozzolanic properties with fine particle size and can react with lime and water so as to produce material that has binding ability. This research studied the porosity of Ordinary Portland Cement (OPC) containing 25% of fly ash immersed in peat water. Fly ash was used as a cement substitutive. The cylinder concrete strength of the specimen at 28 days were 15, 21 and 29 MPa. The specimens were cured first in fresh water for 28 days and then they were immersed in peat water for 7 and 28 days. The porosity of OPC-FA-15, OPC-FA-21, and OPC-FA-29 immersed in peat water for 28 days were 16.10%, 12.16%, and 11.62% lower than that of immersed in fresh water. Moreover, higher concrete quality would result lower porosity value. Based on the results of the tests it is concluded that the replacement of 25% cement by fly ash for the three concrete grades has better physical properties with immersion in peat water.*

**Keywords :** Concrete, fly ash, peat water, porosity

## 1. PENDAHULUAN

Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah dari proses pembakaran di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan sumber bahan baku dari batubara. Berdasarkan data statistik dari Kementerian ESDM, produksi batu bara di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 461 juta ton. Proses pembakaran batubara akan menghasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu, dengan sekitar 10-20% berupa abu dasar dan 80-90% berupa abu terbang dari total abu yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah pembakaran batu bara akan menghasilkan abu terbang dalam jumlah yang besar pula, sehingga perlu dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi pada tanah, *filler* pada perkerasan aspal, dan bahan tambah pada beton agar tidak terjadi penumpukan di alam (Wardani, 2008).

Abu terbang merupakan bahan padat yang tidak mudah larut, tidak menguap, dan mempunyai partikel yang bulat. Abu terbang memiliki sifat pozzolanik dengan ukuran partikel yang halus dan dapat bereaksi dengan kapur saat diberi air sehingga menghasilkan material yang memiliki kemampuan mengikat (Neville & Brooks, 2010). Abu terbang yang dapat digunakan dalam beton campuran yang mengandung abu terbang berkisar antara 15% hingga 35% dari total bahan semen (semen *Portland*, pozzolan, dan mineral reaktif) (Vargas, 2007). Menurut Umboh et al., (2014) kadar 30% abu terbang sebagai substitusi semen menghasilkan nilai kuat tekan beton yang cukup signifikan dan masih termasuk dalam klarifikasi beton mutu normal.

Salah satu kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas beton adalah air gambut. Lahan gambut paling luas di

Sumatera terdapat di Provinsi Riau, yaitu 3.867.413 ha (Sukarman, 2014). Gambut merupakan lingkungan tanah organik dengan daya dukung yang rendah dan derajat keasaman yang tinggi dengan pH 3-4 (Olivia, 2015). Pada umumnya lingkungan agresif seperti klorida, sulfat dan asam dapat menurunkan ketahanan beton. Asam merusak beton dengan cara mengurai  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pada pasta semen dan menyisakan residu yang tidak bermanfaat pada kekuatan beton, sehingga dapat menurunkan kekuatan beton dan mengurangi masa layan beton (Zivica, 2006).

Hasil penelitian Olivia (2015) menunjukkan bahwa beton dari semen OPC mengalami penurunan kuat tekan yang cukup signifikan dari umur 28 hari ke umur 150 hari di lingkungan air gambut. Bersumber pada penelitian terdahulu maka dilakukan alternatif untuk meningkatkan ketahanan beton di lingkungan gambut dengan menggunakan bahan *pozzolan* sebagai substitusi semen. Hasil penelitian Olivia (2015) menyatakan beton OPC dengan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen sebanyak 10% mengalami kenaikan setelah direndam di dalam air gambut selama 28 hari. Penelitian Takim *et al.*, (2016) menyatakan hasil uji serapan air pada mortar dengan penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah sebesar 15% pada umur 28 hari mengalami penurunan dan menjadikan mortar lebih kedap air.

Berdasarkan hal di atas maka dilakukan penelitian pada beton substitusi semen abu terbang yang direndam di air gambut. Penggunaan abu terbang disini diharapkan dapat menekan penggunaan semen tanpa menghilangkan sifat dan karakteristik beton itu sendiri. Penelitian ini mengkaji porositas beton substitusi semen abu terbang.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material ini terdiri dari pengujian karakteristik agregat kasar,

agregat halus, dan abu terbang (*fly ash*). Material yang digunakan adalah agregat kasar yang berasal dari Sungai Kampar, agregat halus dari Taratak Buluh, Semen OPC produksi PT. Semen Padang, dan abu terbang yang berasal dari PLTU Ombilin, Sumatera Barat.

Adapun jenis pemeriksaan karakteristik material agregat kasar dan agregat halus terdiri dari analisa saringan, kadar air, berat volume, ketahanan aus, berat jenis, kadar organik dan kadar lumpur. Pemeriksaan komposisi kimia abu terbang dilakukan dengan mengirim sebagian sampel abu terbang ke PT. Sucofindo Cabang Pekanbaru.

### 2.2 Perencanaan dan Pembuatan Benda Uji

Perencanaan campuran (*mix design*) pada penelitian ini mengikuti metode ACI 211.1-9 dengan mutu rencana  $f'c$  15 MPa, 21 MPa, dan 29 MPa. Penggunaan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen adalah sebesar 25% dari berat volume semen. Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi campuran untuk  $1\text{m}^3$  beton

| Material      | Komposisi ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |        |        |
|---------------|--------------------------------------|--------|--------|
|               | 15 MPa                               | 21 MPa | 29 MPa |
| Semen         | 270,27                               | 350,88 | 454,55 |
| Air Normal    | 227,40                               | 225,36 | 219,14 |
| Agregat Kasar | 932,73                               | 932,73 | 932,73 |
| Agregat Halus | 882,10                               | 814,81 | 724,67 |

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 11 cm. Jumlah benda uji sebanyak 3 benda uji untuk setiap mutu beton dan umur pengujian, yaitu 28 hari.

### 2.3 Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari pengujian porositas. Pengujian dilakukan setelah perawatan benda uji menggunakan air

biasa selama 28 hari kemudian dilanjutkan perendaman di air gambut selama 28 hari.

### 2.3.1 Porositas

Porositas beton adalah tingkatan yang menggambarkan kepadatan beton. Porositas dapat diartikan sebagai besarnya kadar pori yang terdapat pada beton. Sesuai dengan ASTM C-642-97, nilai porositas dapat dicari dengan rumus:

$$n = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100\% \quad \dots (1)$$

dengan:

- n = porositas benda uji (%)
- W<sub>1</sub> = berat kering oven benda uji (kg)
- W<sub>2</sub> = berat beton jenuh air (kg)
- W<sub>3</sub> = berat beton dalam air (kg)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Material Agregat

Pengujian karakteristik material agregat kasar dan halus untuk perencanaan campuran (*mix design*) benda uji dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau. Hasil pengujian karakteristik material agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. 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 <sup>3</sup> )       |       |                     |
|               | 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           |

| No. | Jenis Pengujian                          | Hasil | Standar Spesifikasi |
|-----|--|-------|---------------------|
| 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 <sup>3</sup> )       |       |                     |
|     | 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 (*Fly ash*)

Pengujian abu terbang bertujuan untuk mengetahui kandungan zat kimia yang terkandung di dalam abu terbang. Pengujian ini dilakukan di PT Sucofindo Cabang Pekanbaru. Hasil pengujian abu terbang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Abu Terbang

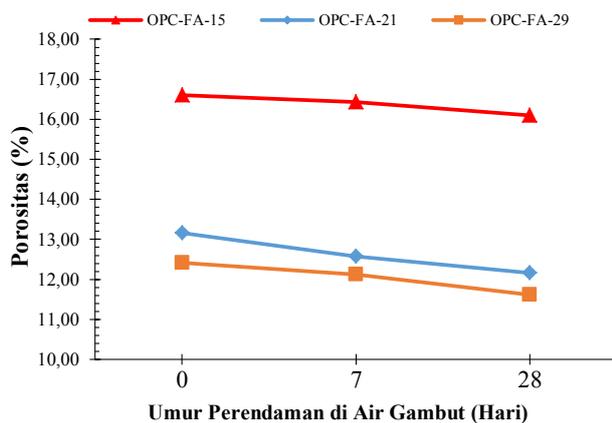
| Parameter Uji                  | Satuan | Hasil Analisa |
|--------------------------------|--------|---------------|
| LOI                            | %      | 18,98         |
| SiO <sub>2</sub>               | %      | 59,25         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %      | 29,25         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %      | 5,45          |
| CaO                            | %      | 1,54          |
| MgO                            | %      | 0,31          |
| K <sub>2</sub> O               | %      | 2,23          |
| Na <sub>2</sub> O              | %      | 0,68          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | %      | 0,04          |
| SO <sub>3</sub>                | %      | 0,29          |

Sumber :PT. Sucofindo Cabang Pekanbaru (2018)

### 3.3 Hasil Pengujian Porositas

Pengujian porositas ini bertujuan untuk mengetahui besarnya persentase pori yang terdapat pada beton umur 28 hari setelah perawatan di air biasa dan pada

umur 7 dan 28 hari setelah direndam di air gambut. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan hal ini memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan beton. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 105 mm dan tinggi 105 mm.



Gambar 1. Hasil Pengujian Porositas Beton Sebelum dan Setelah Perendaman di Air Gambut

Gambar 1 menunjukkan perubahan nilai porositas beton OPC-FA-15, OPC-FA-21 dan OPC-FA-29 sebelum dan setelah perendaman di air gambut. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa nilai porositas ketiga jenis campuran mengalami penurunan seiring bertambahnya umur perendaman beton di air gambut. Hasil pengujian porositas beton OPC-FA-15, OPC-FA-21 dan OPC-FA-29 setelah perawatan selama 28 hari pada air normal masing-masing sebesar 16,60%, 13,15% dan 12,41%. Hasil pengujian porositas beton OPC-FA-15, OPC-FA-21 dan OPC-FA-29 setelah perendaman 28 hari di air gambut mengalami penurunan masing-masing sebesar 16,10%, 12,16%, dan

11,62%. Porositas tertinggi diperoleh sebesar 16,60% untuk beton OPC-FA-15 pada umur 0 hari perendaman di air gambut. Sedangkan porositas terendah sebesar 11,62% pada umur 28 hari di air gambut untuk beton OPC-FA-29. Hasil pengujian porositas tersebut membuktikan bahwa semakin tinggi mutu beton maka semakin rendah nilai porositas, sedangkan semakin rendah mutu beton maka semakin tinggi nilai porositas.

Hal ini disebabkan unsur SiO<sub>2</sub> yang terkandung dalam abu terbang dapat mereduksi kapur bebas Ca(OH)<sub>2</sub> yang dihasilkan dari proses hidrasi semen. Unsur SiO<sub>2</sub> (silica) dari abu terbang akan bereaksi dengan kapur bebas dan air yang akan membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang lebih stabil dan memperbaiki struktur pori beton sehingga beton tahan terhadap serangan asam. Hal ini juga dijelaskan oleh Safiuddin (2008) bahwa bahan yang bersifat pozzolanik hanya dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Porositas beton substitusi abu terbang OPC-FA-15, OPC-FA-21 dan OPC-FA-29 terus menurun seiring bertambahnya umur perendaman di air gambut. Penggantian sebagian semen dengan abu terbang dapat membuat beton lebih padat dan kedap.

##### 4.2 Saran

1. 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.
2. Perlu dilakukan perendaman beton langsung di lingkungan gambut

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211.1-91. (2002). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.
- ASTM C-642-97. (1997). Standard Test Method for Density , Absorption , and Voids in Hardened Concrete 1, (March), 1–3.
- ESDM (2017). Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Retrieved from <https://www.esdm.go.id>
- Neville, A. M., & Brooks, J. . (2010). *Concrete Technology*. London.
- Olivia, M. (2015). Kuat Tekan Beton Dengan Semen Campuran Limbah Agro-Industri Di Lingkungan Asam, 294–301.
- Safiuddin, M. (2008). Development of Self-consolidating High Performance Concrete Incorporating.
- Sukarman. (2014). *Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Tergradasi*.
- Takim, Naibaho, A., & Ningrum, D. (2016). Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Pada Mortar. *Reka Buana, 1*.
- 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). Pemanfaatan Limbah Batubara (*Fly Ash*) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan, 1–71.
- Zivica, V. (2006). Deterioration of cement-based materials due to the action of organic compounds. *Construction and Building Materials*.