

Durabilitas Sekat Kanal Beton Campuran Abu Terbang (*Blended Fly Ash*) di Lingkungan Gambut

Doli Patumona¹, Monita Olivia^{1*}, Zulfikar Djauhari¹

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email: dolipatumona@gmail.com, *monitaolivia@gmail.com (corresponding author), zulfkr_dj@yahoo.com

ABSTRAK

Beton sekat kanal di lingkungan gambut perlu memperhatikan durabilitasnya sehingga beton memiliki masa layanan yang baik dan tidak mengalami kerusakan beton. Penelitian ini bertujuan menganalisa durabilitas beton mutu $f'c$ 21 MPa campuran abu terbang yang direndam dalam kondisi air biasa dan air gambut. Faktor air semen yakni 0,49 dan menggunakan *Portland Composite Cement* (PCC) sebagai beton kontrol. Beton PCC-FA15%, PCC-FA30% di air gambut menggunakan abu terbang sebanyak 15% dan 30% dari volume semen. Perendaman beton dilakukan selama 91 hari untuk pengujian tarik belah dan kuat tekan beton, dan 120 hari untuk uji korosi. Kenaikan nilai kuat tekan beton terjadi seiringnya bertambah usia beton setelah dilakukan perendaman. Pada usia 28 hari beton PCC, PCC-FA15%, PCC-FA30% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 12,5%, 44,1% dan 9,1% dari kuat tekan rencana dan peningkatan kuat tarik belah sebesar 47,0%, 75,0% dan 87,7%. Nilai laju korosi pada rendaman 28 hari sebesar 0,07, 0,08, 0,05 mmpy pada beton PCC, PCC-FA15%, PCC-FA30% di air gambut dan 0,03 mmpy untuk beton PCC di air normal. Berdasarkan hasil pengujian, beton PCC di air normal dan PCC, PCC-FA15%, PCC-FA30% di air gambut dapat meningkatkan masa layanan beton sekat kanal.

Kata Kunci: Durabilitas, Sekat Kanal, Abu Terbang, Air Gambut

ABSTRACT

Canal blocking concrete in peat environment need to pay attention to its durability so that the concrete has a better service life. This study aims to analyze the durability concrete $f'c$ 21MPa with a mixture of fly ash and soaked in tap water and peat water. Water cement factor at 0.49 and Portland Composite Cement (PCC) were used as a control concrete. Concrete PCC-FA15%, PCC-FA30% in peat water used fly ash as much as 15% and 30% of the volume of cement. The immersion of the concrete was carried out for 91 days for the split tensile and compressive strength test, and 120 days for the corrosion test. The compressive strength of concrete increased with the age of the concrete after immersion. At the age of 28 days PCC, PCC-FA15%, PCC-FA30% concrete experienced an increase in compressive strength by 12.5%, 44.1% and 9.1% and an increase in split tensile strength by 47.0%, 75.0%. Corrosion rate values at 28 days immersion were 0.07, 0.08, 0.05 mmpy for PCC concrete, PCC-FA15%, PCC-FA30% in peat water and 0.03 mmpy for PCC concrete in tap water.. Based on the test results, the concrete PCC in tap water and PCC, PCC-FA15%, PCC-FA30% in peat water can increase the service life of the canal blocking concrete

Keywords: Durability, Canal Blocking, Fly ash, Peat Water.

1. PENDAHULUAN

Ada beberapa cara untuk merestorasi gambut yakni dengan cara membasahkan lahan gambut menggunakan konstruksi sekat kanal. Desain sekat kanal memiliki tipe dan jenis yang bervariasi dan beragam baik dari konstruksi yang sederhana dan kompleks serta dari penggunaan material sekat kanal dan teknik konstruksi dari sekat kanal. Akan tetapi sifat asam yang tinggi pada lahan gambut mempengaruhi konstruksi sekat kanal beton. Dengan demikian, durabilitas sekat kanal beton pada lingkungan gambut perlu diperhatikan terhadap integritas dan kestabilan beton sekat kanal yang terpapar lingkungan asam.

Durabilitas beton dapat didefinisikan sebagai kemampuan beton untuk bertahan di lingkungan selama

masa layannya tanpa kerusakan yang signifikan seperti pelapukan, serangan kimia, dan abrasi [13]. Ketahanan beton pada kondisi air rendaman tertentu dalam jangka waktu yang panjang sangat erat kaitannya dengan durabilitas beton. Beton yang tahan terhadap paparan zat kimia yang terdapat dalam air gambut, air laut, air limbah, dan sumber air lainnya serta mempunyai resistansi terhadap pengaruh kondisi lingkungan dan iklim merupakan karakteristik durabilitas beton.

Luas sebaran lahan gambut Indonesia yang terdapat di Papua, Kalimantan dan Sumatera memiliki luas kurang lebih 14,90 Juta Ha [14]. Sebagian dari luas di atas yaitu 3,9 Juta Ha merupakan lahan gambut di Riau dengan kedalaman besar dari 2 m. Pembangunan konstruksi sekat kanal pada saat ini perlu dilakukan untuk pengendalian air

dilahan gambut agar fungsi ekologis lahan gambut meningkat dan emisi karbon semakin menurun. Pembangunan konstruksi tersebut memerlukan perencanaan yang khusus untuk memiliki ketahanan beton sekat kanal yang terpapar lingkungan gambut.

Pada umumnya, lingkungan gambut memiliki derajat keasaman relative tinggi dengan nilai pH berkisar 3-5. Karakteristik air gambut Provinsi Riau pada umumnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik air gambut

Parameter	Satuan	Air gambut Riau	Syarat air minum Menkes
Warna	PtCo	1125	15
Kekeruhan	Mg/LSiO ₂	9	5
DHL	μ mho/cm	75	-
pH	-	4	6.5-8.5
ZatOrganik	mg/L	343	10
Kesadahan	°D	1.4	500
Besi	mg/L	-	0.3
Mangan	mg/L	-	0.1
Chloride	mg/L	18	250
SO ₄	mg/L	-	400
HCO ₃	mg/L	-	-
CO ₂ agresif	mg/L	80.6	-

Pembangunan konstruksi di lahan gambut juga perlu memperhatikan ketentuan dan persyaratan kekuatan dan durabilitas konstruksi serta memperhatikan ekosistem lingkungan gambut agar tidak rusak dengan keberadaan konstruksi yang akan digunakan. Disamping itu perlu juga memperhatikan metoda pelaksanaan dilapangan yang lebih efektif dan mudah dalam pelaksanaan di lapangan.

Umur konstruksi sekat kanal dapat dibedakan atas sekat kanal jangka pendek (sementara), sekat kanal jangka menengah (semi-permanen) dan sekat kanal jangka panjang (permanen). Sedangkan tipe sekat kanal berdasarkan bahan utama konstruksi terdiri dari sekat kayu (*wooden dam*), sekat karung tanah (*soil bag*), sekat beton (*concrete dam*), sekat batu (*stone*), sekat bronjong (*gabion*), sekat gambut yang dipadatkan (*compacted peat*), sekat pracetak (*precast*) dan tipe sekat pintu air (beton, baja, kayu).

Konstruksi beton pada sekat kanal masih menjadi terbaik karena durabilitasnya beton lebih baik dari pada konstruksi sekat kanal lainnya seperti kayu. Dengan terpaparnya beton sekat kanal terhadap lingkungan yang memiliki kandungan asam seperti air gambut dalam jangka waktu yang panjang, maka dapat mempengaruhi masa layan atau durabilitas dari beton itu sendiri. Oleh karena itu, dengan adanya material tambahan dalam campuran beton sekat kanal sehingga beton tersebut memiliki masa layan atau durabilitas beton yang baik apabila terpapar dengan lingkungan yang memiliki keasaman yang tinggi seperti lingkungan gambut.

Jenis bahan yang dapat dicampurkan pada beton agar memiliki ketahanan dan durabilitas beton

dilingkungan asam yaitu material abu terbang. Material abu terbang merupakan salah satu limbah padat dapat mengakibatkan pencemaran apabila dibuang secara terbuka karena mengandung *arsenik, antimony, boron, chromium* dan *vanadium*, serta elemen beracun lainnya.

Tabel 2. Komposisi kimia dan klasifikasi abu terbang

Komponen (%)	Bituminous	Subbituminous	Lignit
SiO ₂	20 – 60	40 - 60	40 - 60
Al ₂ O ₃	5 – 35	15 - 45	15 - 45
Fe ₂ O ₃	10 – 40	20 - 30	20 - 30
CaO	1 – 12	20 - 25	20 - 25
MgO	0 – 5	4 - 10	4 - 10
SO ₃	0 – 4	4 - 15	4 - 15
Na ₂ O	0 – 4	5 - 30	5 - 30
K ₂ O	0 – 3	15 - 40	15 - 40
LOI	0 – 15	1 - 6	1 - 6

Material abu terbang dan *bottom ash* yang berlandaskan Peraturan Pemerintah (PP) nomor 18 Tahun 1999 tanggal 27 Februari 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun merupakan material limbah yang beracun dan berbahaya karena pada abu terbang terdapat kandungan yang akan mencemari lingkungan dan dapat mengalami proses pelindian secara alami seperti kandungan oksida logam berat. Untuk membantu pemerintah dalam menanggulangi limbah abu terbang maka, dengan cara menerapkan untuk menggunakan limbah abu terbang untuk sebagai bahan pencampur beton pada bangunan konstruksi. Dengan adanya penambahan abu terbang pada campuran beton, maka dapat meningkatkan durabilitas beton terhadap lingkungan yang memiliki keasaman tinggi, dan harga abu terbang lebih ekonomis dibandingkan semen.

Peneliti peneliti sebelumnya sudah banyak melakukan penelitian tentang pemanfaatan material LB3 dari industri seperti abu terbang yang digunakan untuk bahan tambahan atau bahan pengganti material beton. Seperti penelitian Umboh et al., (2014) dalam penelitiannya bahwa substitusi abu terbang sebanyak 30% dapat menunjukkan nilai kuat tekan beton yang tidak jauh berbeda dengan beton normal [3]. Penelitian Suarnita (2011) menunjukkan beton dengan memanfaatkan bahan tambah abu terbang sebanyak 25% menyatakan nilai kuat tekan beton mendekati nilai beton normal yang setelah diuji kuat tekan [10]. Penelitian Syaka (2013), juga menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 27,30 MPa pada beton umur 28 hari dengan nilai rencana f'c 20 MPa dan penambahan abu terbang sebanyak 5% [16].

Menurut Broomfield (2007), korosi merupakan kerusakan atau menurunnya mutu sebuah material yang diakibatkan oleh reaksi antara lingkungan dengan material itu sendiri [6]. Umumnya korosi disebabkan oleh adanya penetrasi ion klorida dan karbonasi pada sebuah material. Korosi dapat

menyebabkan kinerja beton menurun dan tidak dapat dipakai lagi jika kerusakan tersebut terus berlanjut tanpa adanya perawatan dan perbaikan dari beton itu sendiri. Oleh sebab itu, korosi pada tulangan dapat dijadikan dasar untuk memprediksi masa layanan beton terutama pada bangunan di lingkungan gambut.

ASTM G1-03 mengatur beberapa hal untuk menentukan laju korosi dengan memanfaatkan data berat awal dan berat akhir besi tulangan hingga luasan benda uji dan dapat dihitung dengan persamaan sederhana yaitu pada Persamaan (1) berikut ini.

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \times W}{A \times T \times D} \quad (1)$$

Keterangan :

- K = Konstanta (8,76 x 10⁴ mm/tahun)
- T = waktu terpapar (jam)
- A = Luasan Benda Uji (cm²)
- W = Selisih berat benda uji awal dan akhir (gr)
- D = Berat jenis (Baja Tulangan = 7,86 gr/cm³)

Adapun konstanta lainnya yang dapat membantu dalam menghitung laju korosi berdasarkan satuannya dapat menggunakan Tabel 3. Berikut.

Tabel 3. Konstanta laju korosi

Laju Korosi Menurut Satuannya	Konstanta (K) Persamaan Laju Korosi
Mils per tahun (mpy)	3,45 x 10 ⁶
Inci per tahun (ipy)	3,45 x 10 ³
Inci per bulan (ipm)	2,87 x 10 ²
Millimeter per tahun (mm/y)	8,76 x 10 ⁴
Mikrometer per tahun (µm/y)	8,76 x 10 ⁷
Picometer per detik (pm/s)	2,78 x 10 ⁶
Gram per meter persegi per jam (g/m ² .h)	1,00 x 10 ⁴ x D
Milligram per desimeter persegi per hari (mdd)	2,40 x 10 ⁶ x D
Mikrogram per meter persegi per detik (g/m ² .h)	2,78 x 10 ⁶ x D

Sumber: ASTM G1 - 03

Beton dalam material bangunan dituntut harus memiliki durabilitas yang tinggi agar beton tetap awet dan tidak cepat rusak, salah satunya adalah durabilitas atau ketahanan terhadap lingkungan agresif seperti lingkungan air laut, lingkungan sulfat dan lingkungan asam. Kerusakan pada beton sekat kanal dapat terjadi akibat terpapar lingkungan yang memiliki derajat keasaman yang tinggi. Menurut penelitian Wulandari (2015) bahwa kuat tekan beton mengalami penurunan dan porositas meningkat saat terpapar air gambut [7]. Menurut penelitian Pandiangan et al (2014), tingkat keasaman rendaman (pH) mempengaruhi ketahanan beton. Perendaman umur beton pada air gambut selama 28 hari dan 91 hari dengan nilai keasaman rendaman air gambut sebesar pH 4,0 sampai pH 4,5 menunjukkan

terjadinya penurunan mutu beton [4]. Durabilitas beton diharapkan menjadi lebih baik dengan menambahkan bahan campuran abu terbang dalam pembuatan beton dalam penggunaan beton jangka panjang. Oleh sebab itu, Beton sekat kanal dengan menambahkan abu terbang sebagai pengganti semen perlu dilakukan kajian terhadap ketahanan (*durability*) beton yang terpapar lingkungan gambut. Penelitian ini mengkaji terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan korosi pada beton yang dilakukan perendaman dengan air gambut dan air normal hingga umur rendaman 120 hari.

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan dan Pembuatan Benda Uji

Material penyusun campuran beton dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen yaitu, material yang berasal dari desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang, Kampar, Provinsi Riau seperti agregat kasar dengan butiran ukuran 1-2 cm³, Agregat halus (pasir) dan air gambut. Sedangkan material semen produksi PT. Semen Padang (persero) dengan jenis semen *Portland Composite Cement* (PCC) dan material abu terbang bersumber dari limbah PLTU di Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau serta penggunaan air biasa bersumber dari Universitas Riau Fakultas Teknik, besi beton yang digunakan dalam penelitian ini yaitu besi ulir diameter 10 mm dengan panjang masing-masing besi 10 cm. Bahan-bahan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1, (a) air gambut dan air biasa, (b) agregat, (c) semen PCC serta abu terbang dan (d) besi beton.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 1. Bahan-bahan penelitian.

Bentuk benda uji yang digunakan yaitu silinder berukuran tinggi 300 mm dengan jari-jari 75 mm, dan silinder berukuran tinggi 210 mm dengan jari-jari 5,25 mm. Variasi sampel terdiri dari beton biasa atau normal dengan kode PCC dan beton dengan campuran abu terbang (PCC-FA). Benda uji pada Tabel 4 menjelaskan bahwa masing masing benda uji dibuat sebanyak tiga sampel setiap jenis pengujian dalam waktu umur rendaman hingga 120 hari kalender dengan total jumlah benda uji sebanyak 120 unit. Persentase campuran abu terbang sebesar 15% dan 30% dari volume semen.

Tabel 4. Spesifikasi benda uji

Pengujian	Dimensi (d x h) (mm)	Bentuk	Umur rendaman (hari)	Jumlah
Kuat tekan	105 x 210	Silinder	7, 28, 91	36
Kuat tarik belah	150 x 300	Silinder	7, 28, 91	36
Korosi	105 x 210	Silinder	7, 28, 91, 120	48
Total				120

Berdasarkan hasil perhitungan komposisi campuran untuk 1 m³ beton tersebut, maka dapat dihitung jumlah abu terbang yang akan digunakan. Persentase abu terbang dalam campuran beton sebesar 15% dan 30% dari volume semen. Rincian hasil komposisi akhir campuran untuk 1 m³ beton substitusi semen dengan abu terbang tertera sebagai berikut pada Tabel 5 sebagai berikut.

Table 5. Komposisi 1 m³ beton substitusi semen dengan abu terbang

Mutu Beton (MPa)	FA (%)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Semen (kg)	FA (kg)	Air (kg)
21	15	1033,69	638,18	355,61	41,84	220,67
21	30	1033,69	638,18	292,86	83,67	220,67

Pembuatan benda uji diawali dengan mempersiapkan material penyusun beton terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, air, abu terbang dan besi beton serta peralatan pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan dengan proses mencampurkan material semen jenis PCC ditambah dengan agregat yakni agregat kasar dan halus serta menggunakan bahan campur abu terbang sebagai substitusi semen dan air (air biasa dan air gambut) sesuai dengan kuantitas benda uji yang telah direncanakan. Benda uji dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Benda uji pada penelitian.

Perawatan Benda Uji

Beton yang telah mencapai *final setting* akan dilakukan perawatan artinya cetakan beton akan dibuka apabila beton telah mengeras dan kemudian lakukan perendaman benda uji. Benda uji beton PCC dengan air normal dan air gambut dilakukan perendaman air normal dan air gambut sampai umur perendaman 91 hari untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton, sedangkan untuk pengujian korosi dilakukan perendaman sampai 120 hari seperti terlihat pada Gambar 3(a) dan begitu juga terhadap variasi benda uji beton PCC-FA dengan perendaman air gambut terlihat pada Gambar 3(b).



(a)



(b)

Gambar 3. Perawatan benda uji pada (a) air normal dan (b) air gambut umur rendaman maksimum 120 Hari.

Pengujian Benda Uji

Pengujian pada penelitian ini meliputi uji kuat tekan, uji kuat tarik belah, uji densitas, uji UPV, dan uji korosi.

Dalam pengujian kuat tekan, benda uji diposisikan tegak pada alat uji tekan (*Compressing Test Machine*). Kemudian benda uji diberi beban hingga hancur dan beban maksimum yang dapat ditahan benda uji selama pengujian dicatat. Kuat tekan beton dihitung dengan cara beban maksimum per satuan luas permukaan silinder.

Pengujian kuat tarik belah dilakukan untuk mengetahui ketahanan geser dari komponen struktur. Sebelum diuji, beton diangkat dari bak perendaman dan lakukan pengeringan selama ± 24 jam. Kemudian baja sisi alas diletakkan pada mesin pengujian, selanjutnya benda uji diletakkan diatas baja tersebut dengan posisi benda uji membujur ke

arah depan dan belakang, pastikan benda uji berada pada satu garis lurus dengan sisi alas. Setelah itu, baja atas diletakkan diatas benda uji, sambungkan sisi alas dan atas baja agar benda uji tidak bergerak. Jika semua sisi berada pada kondisi lurus maka pembebanan dapat dilakukan. Catat hasil yang terhitung pada mesin uji tekan.

Prosedur pengujian densitas beton segar yaitu menuangkan beton segar ke wadah ukur dalam tiga lapisan dengan volume yang sama. Selanjutnya, beton segar dipadatkan dengan menggunakan batang penusuk dan dilakukan sebanyak 25 kali. Wadah berisi campuran beton kemudian dipukul menggunakan palu karet di setiap sisi sebanyak 10 sampai 15 kali untuk mengurangi jumlah pori dalam beton. Campuran beton di dalam wadah ukur tidak boleh kurang atau berlebih. Toleransi maksimum kelebihan beton sekitar 3 mm di atas wadah ukur. Campuran beton kemudian diratakan dan kelebihan beton yang terdapat pada bagian luar wadah ukur dibersihkan, lalu wadah ukur ditimbang untuk mengetahui berat beton.

Pengujian laju korosi (*Corrosion Rate*) dilakukan selama 0, 28, 91 dan 120 hari menggunakan metoda kehilangan berat. Proses pengujian diawali dengan mengeluarkan besi dari beton berdiameter 105 mm dan tinggi 210 mm. Kemudian bersihkan besi dari beton dan korosi yang terdapat pada permukaan besi, lalu timbang berat akhir dari besi tersebut setelah dilakukan pembersihan dan catat hasil dari bacaan timbangan digital.

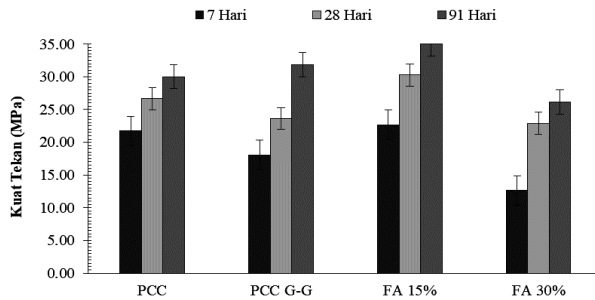
Pengujian UPV dilakukan dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 105 mm dan tinggi 210 mm dengan jenis pengujian transmisi langsung (*direct*). Sebelum dilakukan pengujian dilakukan kalibrasi alat dengan menggunakan batang kalibrasi berukuran 7 cm. Kemudian mengatur jarak antara pusat permukaan *transducer* sesuai dengan benda uji. Setelah itu *transducer* diolesi dengan gel atau bahan perantara (*coupling agent*) terlebih dahulu agar tidak ada udara antar permukaan *transducer* dengan benda uji sehingga efisiensi transfer energi dapat terjamin. Selanjutnya tekan permukaan *transducer* terhadap permukaan benda uji hingga diperoleh nilai kecepatan rambat gelombang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan

Besaran nilai kuat tekan beton hingga umur rendaman 91 hari pada variasi beton PCC, PCC-FA15% dan PCC-FA30% dapat dilihat pada Gambar 4. Beton PCC, PCC – FA 15% dan PCC – FA 30% menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 18,07 MPa, 22,69 MPa dan 12,63 MPa pada umur rendaman 7 hari air gambut. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 28 hari terjadi sebesar 12,5%, 44,1% dan 9,1% dari kuat tekan rencana. Peningkatan

tersebut disebabkan air rendaman yang menggunakan air gambut mengalami perubahan derajat keasaman menjadi lebih basa. Disamping itu, terjadinya penutupan pori-pori pada beton akibat adanya kandungan bakteri dan bahan-bahan organik pada air gambut yang hinggap pada permukaan beton sehingga beton tidak mengalami kerusakan hingga kedalam beton. Kuat tekan beton mengalami peningkatan dengan menggunakan semen tipe PCC yang terpapar air gambut selama 150 hari perendaman karena kandungan *pozzolan* pada semen PCC [11].

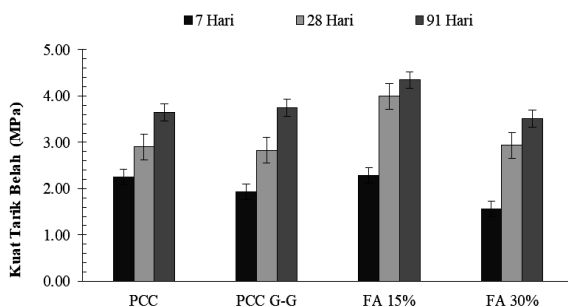


Gambar 4. Kuat tekan beton PCC air normal dan PCC G-G, PCC-FA 15%, PCC-FA30% air gambut.

Hasil pengujian menunjukkan, beton normal PCC pada umur 7 hari air normal telah mencapai mutu rencana 21 MPa. Berbeda dengan beton PCC gambut belum mencapai mutu rencana pada umur rendaman selama 7 hari di air gambut yaitu sebesar 18,07 MPa. Nilai kuat tekan beton PCC-FA30% lebih kecil daripada nilai kuat tekan beton PCC-FA15%, dan terus mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur perendaman di air gambut. Berdasarkan nilai kuat tekan tersebut, abu terbang yang dimanfaatkan sebagai substitusi semen dapat meningkatkan kuat tekan beton di air gambut. Hal ini juga ditunjukkan terhadap penelitian Chao-lung et al., (2011) yang menjelaskan bahwa setelah beton berumur 28 hari reaksi pozzolanik mulai aktif terjadi sehingga meningkatkan kuat tekan pada umur selanjutnya [9].

Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian kuat tarik belah variasi beton normal PCC pada air biasa, beton PCC G-G, PCC-FA15% dan PCC-FA 30% yang dilakukan perendaman di air gambut hingga umur 91 hari ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Kuat tarik belah beton PCC air normal dan PCC G-G, PCC-FA15%, PCC-FA30% air gambut

Gambar 5 menerangkan bahwa perubahan kuat tarik belah beton PCC di air normal dan PCC G-G, PCC-FA15%, PCC-FA30% air gambut secara umum memiliki nilai kuat tarik belah keempat jenis campuran terjadi kenaikan nilai seiring bertambahnya umur perendaman beton. Hal ini menunjukkan peran abu terbang dalam meningkatkan kuat tarik belah beton pada perendaman di air gambut. Usia beton 28 hari terjadi peningkatan kuat tarik belah benda uji sebesar 29,2%, 47,0%, 75,0% dan 87,7% untuk beton PCC di air normal dan PCC, PCC-FA15%, PCC-FA30% di air gambut. Berdasarkan penelitian (Frenki, 2018) menyatakan kuat tarik belah beton OPC-FA meningkat dengan bertambahnya umur perendaman beton dan (Marthinus, 2015) menyatakan bahwa campuran beton dapat ditambahkan dengan bahan mineral yang baik seperti kandungan *pozzolan* yang terdapat pada FABA, sehingga memiliki peningkatan nilai kuat tarik belah seiring bertambahnya umur perendaman [2, 5, 8].

Pengujian Densitas

Pengujian densitas bertujuan untuk menentukan kepadatan beton segar sekaligus memeriksa kesesuaian nilai densitas beton sebenarnya dengan rencana. Nilai densitas beton sebenarnya dianggap memenuhi apabila memiliki nilai rendemen atau *yield* (Y) sesuai persyaratan, yaitu $0.95 < R < 1.00$ berdasarkan SNI 1973:2008. Menurut Neville & Brooks (2010), *density* dapat dilakukan dengan cara menimbang beton segar yang telah dipadatkan dalam wadah yang diketahui massanya [12]. Nilai densitas beton segar dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pengujian densitas

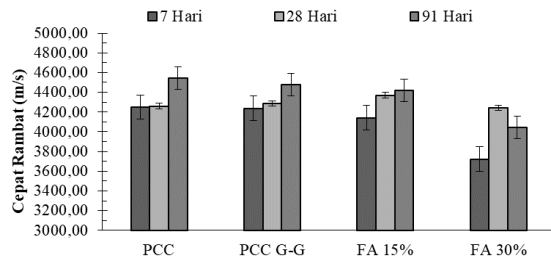
Jenis Beton	Densitas (kg/m ³)	Yield
PCC-Air Normal	2360,24	0,98
PCC-Air Gambut	2378,15	0,97
PCC-FA 15%	2428,29	0,94
PCC-FA 30%	2442,61	0,93

Hasil pada Tabel 5 menunjukkan densitas beton variasi PCC-Air Normal dan PCC-Air Gambut memenuhi nilai rendemen atau *yield* namun untuk berat isi variasi PCC-FA 15% dan PCC-FA 30% tidak memenuhi nilai rendemen atau *yield*. Hal ini menunjukkan bahwa abu terbang memiliki pengaruh besar pada nilai densitas beton. Nilai rendemen $R < 0,95$ sehingga diperlukan *redesign* terhadap komposisi bahan.

Pengujian UPV (Ultrasonic Pulse Velocity)

Kepadatan beton berdasarkan cepat rambat gelombang ultrasonik pada variasi beton PCC di air normal, PCC G-G, PCC-FA 15% dan beton PCC-FA 30% yang direndam di air gambut dapat ditentukan melalui pengujian UPV. Kecepatan rambat gelombang ultrasonik merupakan fungsi dari kepadatan material, sehingga nilai dapat

dikorelasikan dengan kepadatan beton. Hasil pengujian UPV dapat dilihat pada Gambar 6.

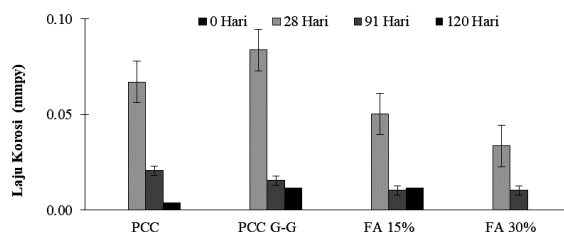


Gambar 6. Hasil pengujian UPV beton

Gambar 6 menunjukkan besaran cepat rambat gelombang beton PCC di air normal, PCC G-G , PCC-FA 15% dan beton PCC-FA 30% yang direndam di air gambut pada umur 7, 28 dan 91 hari perendaman. Nilai cepat rambat gelombang pada variasi beton PCC di air normal, PCC G-G , PCC-FA 15% rata-rata mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur rendaman beton. Akan tetapi, pada umur 91 hari perendaman air gambut pada beton PCC-FA 30% mengalami penurunan nilai cepat rambat gelombang. Hal ini berkaitan dengan material FABA yang terkandung pada beton blended memiliki partikel yang cenderung poros dan menyerap air lebih banyak sehingga akan menyebabkan munculnya pori lebih banyak pada beton. Hal ini serupa dengan hasil penelitian Karimah & Prasajo (2019), yang menyatakan bahwa beton geopolimer memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan beton semen PCC. Udara yang terdapat dalam beton akan menghambat jalannya gelombang ultrasonik dan mengurangi cepat rambat.

Pengujian Korosi

Metode yang digunakan dalam pengujian laju korosi (*Corossion Rate*) yaitu menggunakan metode kehilangan berat yang dilakukan selama 0, 28, 91 dan 120 hari perendaman dengan cara menghitung kehilangan berat yang terjadi akibat korosi. Pengujian ini memerlukan waktu yang lama sehingga mendapatkan nilai laju korosi yang terjadi. Pengujian laju korosi dilakukan pada beton PCC di air normal dan PCC, PCC-FA15%, PCC-FA30% di air gambut dan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4 dengan perendaman selama 0, 28, 91, dan 120 hari.



Gambar 4. Hasil pengujian korosi pada beton PCC di air normal dan PCC, PCC-FA 15%, PCC – FA30% air gambut

Pengujian korosi pada beton PCC dan beton PCC – FA tidak terjadinya laju korosi pada umur rendaman 0 hari. Hal ini dikarenakan singkatnya duransi rendaman beton. Nilai laju korosi pada umur rendaman 28 hari sebesar 0,07 mmpy, 0,08 mmpy, 0,05 mmpy dan 0,03 mmpy untuk beton PCC di air normal dan PCC, PCC-FA 15%, PCC – FA30%. Kemudian mengalami penurunan hingga umur 91 hari dengan nilai laju korosi 0,02 mmpy, 0,002 mmpy, 0,01 mmpy dan 0,01 mmpy untuk beton PCC di air normal dan PCC, PCC-FA 15%, PCC – FA30%. Gel yang dihasilkan akibat reaksi *Pozzolan* yang terdapat pada semen PCC dan FA dapat menyebabkan beton menjadi kedap sehingga deviasi berat korosi tidak mengalami penambahan yang signifikan. Akan tetapi, seiring bertambahnya perendaman umur beton dengan nilai perubahan berat korosi yang kecil, maka nilai laju korosi akan mendekati nilai 0,00 mmpy. Hal ini dibuktikan dengan hasil nilai laju korosi pada umur perendaman beton 120 hari sebesar 0,0039 mmpy, 0,0117 mmpy, 0,0117 mmpy dan 0,0000 mmpy.

Perbandingan Hasil Pengujian

Benda uji pada penelitian ini dibuat sebanyak 4 variasi, dengan rincian variasi 1 adalah beton menggunakan PPC dengan menggunakan air biasa sebagai pencampur dan perawatan, variasi 2 adalah beton PCC menggunakan air gambut sebagai pencampur dan perawatan, variasi 3 adalah beton PCC campuran abu terbang 15% menggunakan air gambut sebagai pencampur dan perawatan, variasi 4 adalah beton PCC campuran abu terbang sebesar 30% dengan menggunakan air gambut sebagai pencampur dan perawatan. Beton pada variasi 3 memiliki nilai kuat tekan dan kuat tarik belah paling tinggi. Sementara itu, beton variasi 4 memiliki kuat tekan dan kuat tarik belah paling rendah. Perbandingan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Perbandingan hasil pengujian

Jenis Pengujian		Mix			
		Air Biasa	Air Gambut		
			PCC	PCC	PCC-FA15%
Kuat Tekan (MPa)	7	21,72	18,07	22,69	12,63
	28	26,65	23,62	30,26	22,90
	91	30,03	31,86	34,97	26,13
Kuat Tarik Belah (MPa)	7	2,25	1,92	2,28	1,56
	28	2,90	2,83	4,00	2,93
	91	3,65	3,74	4,34	3,52
Densitas (kg/m ³)		2360,24	2378,15	2428,29	2442,61

Berdasarkan hasil pengujian, beton PCC campuran abu terbang sebesar 15% memiliki kekuatan lebih baik jika dibandingkan dengan

variasi lainnya sehingga penggunaan konstruksi beton sekat kanal campuran abu terbang di lingkungan gambut memiliki durabilitas yang baik terhadap lingkungan agresif seperti pengaruh terhadap zat asam. Hal ini disebabkan oleh abu terbang yang berfungsi mengisi pori pada beton dan menghasilkan beton dengan kepadatan yang lebih tinggi sehingga lebih kedap dan memiliki performa yang lebih baik di lingkungan gambut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kuat tekan beton PCC di air normal dan PCC G-G, PCC-FA 15%, PCC-FA30% di air gambut, menunjukkan terjadi kenaikan kuat tekan secara bertahap seiring bertambahnya umur perendaman beton hingga umur 91 hari. Kuat tekan beton PCC-FA30% lebih rendah dari variasi lainnya. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah abu terbang yang semakin meningkat mempengaruhi kuat tekan beton sehingga terjadi penurunan kuat tekan yang signifikan. Kuat tarik belah beton mengalami peningkatan dengan bertambahnya umur perendaman pada beton. Beton PCC-FA30% memiliki nilai kuat tarik paling rendah yakni 3,52 MPa pada umur perendaman 91 hari. Sedangkan beton PCC-FA15% memiliki nilai kuat tarik paling tinggi yakni 4,34 MPa pada umur perendaman 91 hari. Nilai kuat tarik beton yang cenderung menurun seiring bertambahnya jumlah abu terbang di dalam beton. Nilai laju korosi pada umur rendaman 28 hari sebesar 0,07 mmpy, 0,08 mmpy, 0,05 mmpy dan 0,03 mmpy untuk beton PCC di air normal dan PCC G-G, PCC-FA15%, PCC-FA30%. Pada umur beton 120 hari, laju korosi akan mendekati nilai 0,00 mmpy dikarenakan deviasi berat korosi tidak mengalami penambahan yang signifikan karena *pozzolan* yang terdapat pada semen PCC dan abu terbang bereaksi menghasilkan gel yang dapat menyebabkan beton menjadi kedap.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM Standard, 2014, *ASTM G31-72: Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*, ASTM International.
- [2] A. Frenki, A. Kamaldi, and M. Olivia, Kuat Tekan Beton OPC Abu Terbang (Fly Ash) di Air Gambut, *JOMFTEKNIK*, Vol. 5, 2018.
- [3] A. H. Umboh, M. D. J. Sumajouw, and R. S. Windah, Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) dari PLTU II Sulawesi Utara sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 2, No. 7, 2014.
- [4] A. J. Pandiangan, M. Olivia, and L. Darmayanti, Ketahanan Beton Mutu Tinggi di Lingkungan Asam, *JOMFTEKNIK*, Vol.1, No. 1, 2014.
- [5] A. P. Marthinus, M. D. J. Sumajouw, and R. S. Windah, Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton, *Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi*, 2015.
- [6] Broomfield, J.P. 2007. *Corrosion of Steel in Concrete*. 2nd Edition. London : E & FN SPON.
- [7] C. Wulandari, M. Olivia, and I. R. Sitompul, Durabilitas Mortar Geopolimer di Air Gambut Riau, *JOMFTEKNIK*, Vol. 2, No. 2, 2015.
- [8] Frenki A, 2018, *Sifat Fisik dan Mekanik Beton dengan Abu Terbang (Fly Ash) sebagai Substitusi Semen di Air Gambut*, Tugas Akhir: Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.
- [9] H. Chao-lung, B. Le Anh-tuan, and C. Chuntsun, Effect of Rice Husk Ash on the Strength and Durability Characteristics of Concrete, *Construction and Building Materials*, Vol. 25, No. 9, 2011.
- [10] I. W. Suarnita, Kuat Tekan Beton Dengan Aditif Fly Ash ex. PLTU Mpanau Tavaeli, *Smartek*, Vol. 9, 2011.
- [11] M. Olivia, L. Damayanti, A. Kamaldi, and Z. Djauhari, Kuat Tekan Beton dengan Semen Campuran Limbah Agro-Industri di Lingkungan Asam, *Prosiding 2nd Andalas Civil Engineering National Conference*, 2015.
- [12] Neville, A. M., & Brooks, J. . (2010). *Concrete Technology*. London
- [13] Olivia M, 2011, *Durability Related Properties of Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete*, PhD Thesis: Curtin University of Technology.
- [14] Ritung S., Wahyunto, Nugroho K., Sukarman, Hikmatullah, Suparto, and Tafakresnanto C., 2011, *Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000 (Indonesian Peatland Map at the Scale 1:250,000)*, Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development.
- [15] SNI 1973, 2008, *Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton*, Badan Standardisasi Nasional.
- [16] Syaka D. R. W, 2013, *Pembuatan Beton Normal Dengan Fly Ash Menggunakan Mix Desain Yang Dimodifikasi*, Skripsi: Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.