



# DURABILITAS BETON MENGGUNAKAN REMAH KARET DAN FABA (FLY ASH BOTTOM ASH) UNTUK PERKERASAN KAKU DI LINGKUNGAN GAMBUT

RIA LARICI<sup>1</sup>, GUNAWAN WIBISONO<sup>1</sup>, MONITA OLIVIA<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau

\*Corresponding author: ✉ [monita.olivia@lecturer.unri.ac.id](mailto:monita.olivia@lecturer.unri.ac.id)

Naskah diterima : 31 Mei 2020. Disetujui: 31 Juli 2020

---

## ABSTRAK

Perkerasan kaku di lingkungan gambut memerlukan durabilitas tinggi agar beton dapat bertahan pada lingkungan sekitar tanpa mengalami kerusakan selama jangka waktu yang ditetapkan. Tujuan penelitian mengkaji durabilitas beton campuran remah karet (*crumb rubber*) dan *fly ash bottom ash* (FABA) dengan mutu beton rencana  $f_{cr}$  35 MPa direndam dalam air gambut. Pada penelitian ini, beton *Portland Composite Cement* (PCC) dengan faktor air semen (fas) sebesar 0,3 digunakan sebagai beton kontrol. Sedangkan beton PCC-CR-FA menggunakan beton PCC sebagai perekat utama, remah karet sebesar 5% dari berat agregat halus, dan FABA sebanyak 10% dari berat semen. Pengujian kuat tekan, kuat tarik, porositas, dan perubahan berat dilakukan dengan perendaman di air gambut selama 120 hari. Benda uji dirawat selama 28 hari di air biasa sebelum dilakukan perendaman dengan air gambut. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan beton PCC dan PCC-CR-FA meningkat dengan bertambahnya umur beton setelah direndam di air gambut. Peningkatan kuat tekan beton setelah umur 120 hari untuk beton PCC dan PCC-CR-FA sebesar 8,56% dan 13,81% dari umur awal beton di air gambut. Kuat tarik beton PCC dan PCC-CR-FA mengalami penurunan sebesar 12,94% dan 4,41% dari umur awal beton di air gambut. Porositas mengalami penurunan pada umur 120 hari untuk beton PCC dan PCC-CR-FA sebesar 0,24% dan 0,32% dari umur awal beton di air gambut. Berat beton PCC dan PCC-CR-FA mengalami peningkatan sebesar 0,27% dan 0,34% pada umur 120 hari dibandingkan beton umur awal perendaman. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, beton PCC-CR-FA dengan campuran remah karet dan FABA dapat meningkatkan durabilitas beton untuk perkerasan kaku di lingkungan gambut.

**Kata kunci** : Durabilitas, Perkerasan kaku, Remah Karet, FABA, Air gambut

---

## 1. PENDAHULUAN

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan jalan berupa pelat beton menggunakan semen sebagai bahan pengikat dengan atau tanpa tulangan terletak pada tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah dan pelat beton memikul sebagian besar beban lalu lintas (Sukirman, 1999). Perkerasan kaku memiliki nilai modulus elastisitas lebih besar

dibandingkan dengan perkerasan lentur sehingga memiliki sifat lebih kaku dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan dibawahnya karena dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas. Beton merupakan bagian terbesar dari struktur perkerasan kaku. Maka, faktor yang paling diperhatikan dalam struktur perkerasan kaku adalah kualitas dan durabilitas beton.

Durabilitas merupakan kemampuan suatu struktur untuk menahan serangan fisika, kimia, dan biologi selama masa waktu tertentu tanpa kerusakan berarti (Mehta & Monteiro, 2006). Pada umumnya durabilitas berkaitan dengan keawetan campuran dalam kurun waktu yang lama pada temperatur dan kondisi air rendaman tertentu. Sifat durabilitas beton hendaknya harus tahan terhadap pengaruh lingkungan dan cuaca. Salah satu sifat dari durabilitas beton adalah tahan terhadap pengaruh kimia yang terkandung dalam air laut, air gambut, air limbah, zat-zat kimia hasil industri, buangan air kotor kota, dan sumber air lainnya.

Air gambut terdapat pada lahan gambut yang mayoritas tersebar di Provinsi Riau. Luas wilayah Provinsi Riau adalah ffl 8,7 juta hektar dengan 3,9 juta hektar wilayah terdiri dari lahan gambut (INCAS, 2015). Pembangunan kontruksi jalan pada saat ini terus berkembang di Provinsi Riau yang sebagian besar menggunakan perkerasan kaku. Seiring dengan perkembangan pembangunan infrastruktur tersebut, diperlukan kajian khusus untuk meningkatkan durabilitas beton pada perkerasan kaku di lingkungan gambut. Air pada lingkungan gambut bersifat asam karena memiliki pH rendah atau tingkat keasaman tinggi. Air yang memiliki tingkat keasaman tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada perkerasan kaku. Hasil penelitian Pandiangan, Olivia, and Damayanti (2014) menjelaskan bahwa ketahanan beton dipengaruhi oleh tingkat keasaman rendaman (pH). Tingginya daya serang terhadap beton dipengaruhi oleh semakin rendahnya pH rendaman. Nilai pH air gambut 4,0 – 4,5 cenderung dapat menurunkan kuat tekan pada umur rendaman 28 hari dan 91 hari. Neville, Adam, and Brooks (2010) juga mengatakan serangan sulfat dapat merusak beton dengan pembentukan gypsum dan *ettringite* sehingga mempercepat terjadinya retakan pada beton. Perkerasan kaku merupakan salah satu konstruksi beton yang sering dihadapkan dengan permasalahan gambut. Kandungan asam dari air gambut terhadap perkerasan kaku dapat mempengaruhi durabilitas beton dalam jangka panjang. Sehingga diperlukan bahan tambahan untuk campuran beton yang mampu mempertahankan durabilitas beton di lingkungan gambut.

Bahan yang dapat digunakan sebagai campuran beton agar mampu mempertahankan durabilitas beton adalah remah karet atau *crumb rubber*. Penelitian Abdurrahman, Wibisono, Qoryati, Sitompul, and Olivia (2019) menunjukkan campuran beton menggunakan remah karet sebagai pengganti 5% agregat halus memiliki nilai kuat tekan dan kuat lentur tertinggi setelah direndam selama 28 hari. Tahun 2012, Dewan Karet Indonesia (2012) menyatakan produksi ban kendaraan roda empat di Indonesia mencapai 14,4 dan 15,4 ton/hari pada tahun 2010 dan 2011. Peningkatan jumlah tersebut dapat menimbulkan limbah ban bekas sehingga merusak lingkungan sekitar. Maka, untuk membantu pemerintah dalam menanggulangi limbah ban bekas, limbah yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk campuran beton. Remah karet adalah salah satu hasil pengolahan limbah ban bekas yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat halus untuk campuran beton yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti angregat halus. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Gupta, Chaudhary, and Sharma (2014), mengganti sebagian material agregat halus dengan remah karet pada campuran beton dapat menurunkan kuat tekan karena ikatan antara pasta semen dan remah karet lemah. Namun penggunaan remah karet dapat meningkatkan kelecakan (*workability*) sehingga campuran beton lebih mudah dikerjakan meskipun dengan penggunaan rasio air semen yang kecil.

Oleh karena itu, dibutuhkan bahan tambah lain untuk membuat durabilitas beton pada perkerasan kaku agar lebih baik.

Penelitian terdahulu sudah banyak mengkaji penggunaan limbah sebagai bahan pengganti material beton. Salah satunya adalah penelitian Olivia, Pradana, and Sitompul (2016) menunjukkan penggunaan limbah agro-industri seperti abu sawit dapat mengurangi penggunaan semen pada beton dan tahan terhadap lingkungan gambut. Bahan lain yang memiliki potensi sebagai campuran pada material pembangunan infrastruktur perkerasan kaku adalah *fly ash bottom ash* (FABA). Material FABA umumnya bersifat pozzolan, yakni bahan yang mempunyai kadar CaO rendah, sehingga tidak mempunyai kemampuan pengikat. Tetapi bahan akan bersifat *pozzolanic* bila campuran untuk stabilisasi dicampur dengan semen portland kemudian ditambahkan air (Pangestuti, 2011). Dalam aplikasinya, bahan FABA dapat menggantikan atau mengurangi penggunaan sebagian dari semen *portland* dalam campuran (Yamin & Haliema, 2017). Elemen beracun yang terkandung pada material FABA berupa arsenik, vanadium, antimony, boron dan chromium yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan (Kinasti & Notodisuryo, 2017). Untuk meminimalisir terjadinya pencemaran akibat elemen FABA, maka FABA sebaiknya digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton.

Penambahan bahan campuran dalam pembuatan beton diharapkan dapat menghasilkan durabilitas beton yang baik dalam jangka waktu tertentu. Maka dari itu, penelitian ini mengkaji durabilitas beton campuran remah karet sebagai pengganti agregat halus dan FABA (PCC-CR-FA) sebagai pengganti semen di lingkungan gambut. Durabilitas ditentukan melalui perubahan kuat tekan, kuat tarik, porositas, dan perubahan berat beton yang direndam di air gambut sampai umur 120 hari.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Semen *Portland Composite Cement* (PCC) yang digunakan adalah Semen Padang. Agregat kasar (batu pecah) ukuran 1-2 cm<sup>3</sup> berasal dari *Quarry* Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar Riau. Agregat halus (pasir) berasal dari *Quarry* Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar Riau. FABA diperoleh dari limbah hasil pembakaran batu bara yang berasal dari PLTU Tenayan Raya Pekanbaru, Riau. Limbah karet yang digunakan adalah remah karet ukuran 3-10 mm berasal dari vulkanisir ban di Pekanbaru. Air biasa yang digunakan sebagai campuran beton adalah aquades dengan pH 7 berasal dari tempat penyulingan komersial di Pekanbaru, Riau. Air Gambut sebagai air perendaman yang digunakan berasal dari Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar Riau.

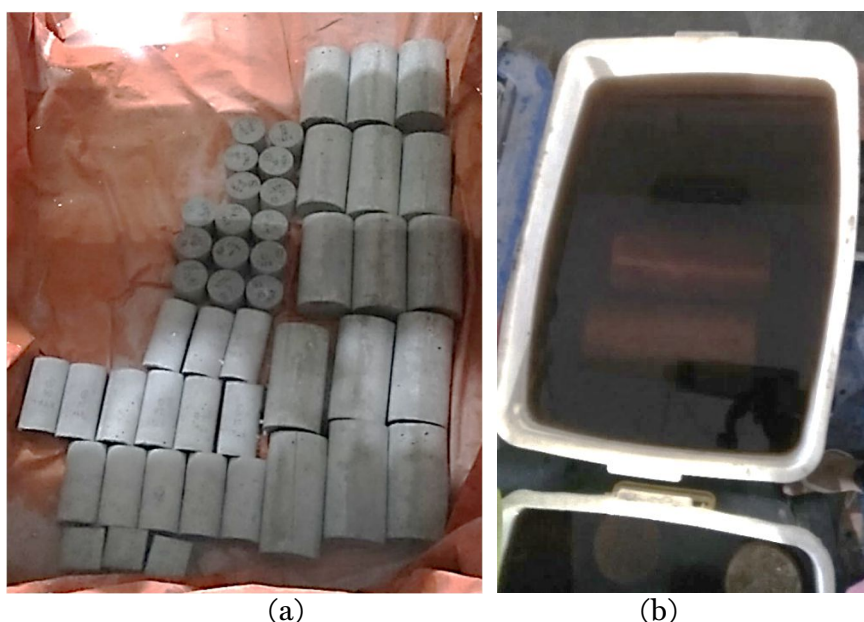
Benda uji terdiri dari silinder besar dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, silinder kecil dengan diameter 10,5 cm dan tinggi 21 cm, setengah silinder dengan diameter 10,5 cm dan tinggi 10,5 cm, serta kubus ukuran 10x10x10 cm. Benda uji dibuat 2 variasi yaitu beton normal (PCC) dan beton campuran remah karet dan FABA (PCC-CR-FA). Masing-masing campuran dibuat benda uji sebanyak tiga sampel dengan jumlah total benda uji untuk semua campuran 96 sampel. Komposisi campuran remah karet adalah 5% dari berat agregat dan FABA 10% dari berat semen.

Tabel 1 menunjukkan jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 1.** Jumlah Benda Uji Beton PCC dan PCC-CR-FA

Penguujian	Jenis Benda Uji	Ukuran Benda Uji (mm)	Umur Penguujian (hari)	Jumlah
<b>Porositas</b>	Silinder	105×105	0, 7, 28, 91, 120	30
<b>Perubahan berat</b>	Kubus	100×100×100	0, 7, 28, 91, 120	6
<b>Kuat tekan</b>	Silinder	105×210	0, 7, 28, 91, 120	30
<b>Kuat tarik belah</b>	Silinder	150×300	0, 7, 28, 91, 120	30
<b>Total</b>				<b>96</b>

Proses pembuatan benda uji adalah mencampurkan semen PCC, agregat kasar, agregat halus, air aquades, dan bahan tambah. Benda uji yang sudah dicetak didiamkan selama 24 jam kemudian dibuka dari cetakan dan dilakukan perawatan (*curing*). Perendaman benda uji di air biasa dilakukan selama 28 hari seperti pada (Gambar 1(a)). Kemudian dilakukan perendaman benda uji dengan air gambut selama umur perendaman 7, 28, 91, dan 120 hari seperti pada (Gambar 1(b)).



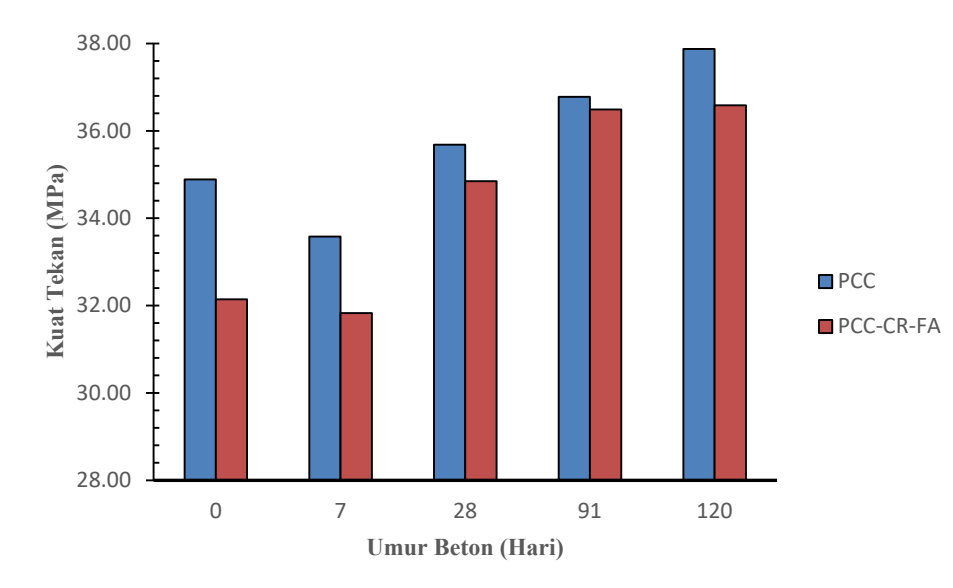
**Gambar 1.** Benda Uji Silinder dan Kubus Direndam (a) Air Biasa Selama 28 Hari, (b) Air Gambut Selama Umur Perendaman 0, 7, 28, 91, dan 120 Hari

Pengujian kuat tekan dengan kuat tekan rencana 35 MPa mengacu pada metode pengujian (SNI 03-1974, 2011) bertujuan untuk mengetahui beban maksimum persatuan luas beton dengan satuan MPa. Kuat tarik belah dilakukan berdasarkan metode pengujian (SNI 03-2491, 2014) digunakan untuk mengetahui kemampuan beton menahan gaya lateral dan mengevaluasi ketahanan geser beton. Uji porositas dilakukan sesuai metode pengujian (ASTM C 642-06, 2006) yang bertujuan mengetahui ruang kosong atau persentase pori yang berada didalam beton terhadap volume beton. Pengujian Perubahan berat dilakukan sesuai dengan metode pengujian pada (ASTM C 267, 1998) memiliki tujuan untuk mengetahui perubahan berat beton ketika mengalami kehilangan massa akibat proses perendaman seiring dengan bertambahnya umur beton dalam kurun waktu tertentu.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Uji Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton PCC dan PCC-CR-FA yang direndam dalam air gambut hingga umur 120 hari ditunjukkan pada Gambar 2. Kuat tekan tertinggi adalah 37,87 MPa dan 36,58 MPa untuk beton PCC dan PCC-CR-FA pada umur rendaman 120 hari. Beton PCC dan PCC-CR-FA mengalami penurunan kuat tekan sebesar 3,75% dan 0,98% pada umur rendaman 7 hari air gambut. Hal ini disebabkan oleh adanya serangan asam dari air gambut dan penambahan remah karet membuat campuran beton tidak terkompres dengan baik. Penelitian Nastain and Maryoto (2010) menyatakan beton mulai mengalami penurunan kuat tekan setelah dilakukan penambahan remah karet dari kadar optimal karena penambahan dapat mengurangi kepadatan campuran beton. Kemudian pada kedua beton tersebut terjadi kenaikan kuat tekan secara bertahap hingga umur 120 hari sebesar 8,56% dan 13,81% untuk beton PCC dan PCC-CR-FA dari umur awal beton. Hal ini dikarenakan terjadi perubahan pH menjadi lebih basa pada air gambut sebagai air rendaman. Selain itu, bakteri dan bahan-bahan organik yang terkandung didalam air gambut akan hinggap pada permukaan beton, kemudian akan menutup pori-pori sehingga kerusakan tidak sampai kedalam beton. Olivia, Damayanti, Kamaldi, and Djauhari (2015) telah menunjukkan bahwa penggunaan semen PCC pada beton yang terpapar air gambut mengalami peningkatan pada kuat tekan hingga umur rendaman 150 hari karena semen PCC mengandung pozzolan. Menurut Sgobba, Borsa, Molfetta, and Marano (2015) kuat tekan beton dengan tambahan remah karet mengalami peningkatan pada umur perendaman 28 hari menjadi 19,48 MPa dari 14,31 MPa pada umur perendaman 7 hari.



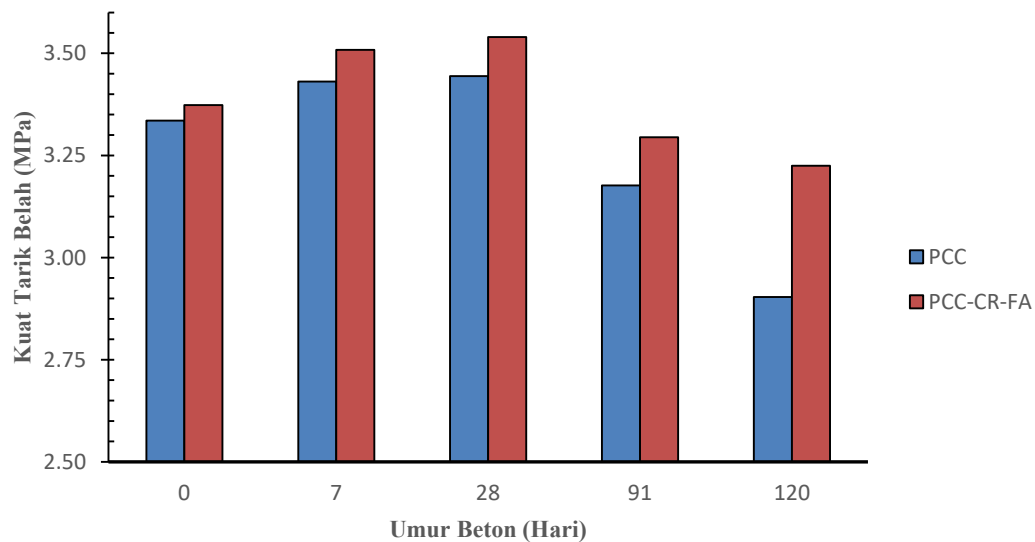
**Gambar 2.** Hasil pengujian kuat tekan beton PCC dan PCC-CR-FA di air gambut pada umur 0, 7, 28, 91, dan 120 hari

Berdasarkan hasil pengujian, beton PCC-CR-FA belum mencapai kriteria rencana mutu yang direncanakan 35 MPa pada umur 0 dan 7 hari gambut dan mencapai kriteria rencana mutu pada umur 28 hari gambut yaitu sebesar 34,85 MPa. Sedangkan beton PCC sudah mencapai kriteria rencana mutu pada umur 0 hari gambut atau 28 hari perendaman air

biasa yaitu sebesar 34,89 MPa. Berdasarkan uji kuat tekan beton PCC memiliki kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan beton PCC-CR-FA. Hal ini dikarenakan beton PCC-CR-FA yang mengandung remah karet bersifat licin sehingga terjadi adhesi yang tidak baik dengan pasta semen. Hal ini sesuai dengan penelitian Fantilli, Chiaia, and Gorino (2016) menyatakan bahwa *traditional lightweight concrete (TLC)* memiliki kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan *rubber lightweight concrete (RLC)*. Tetapi, penambahan remah karet pada *rubber lightweight concrete (RLC)* dapat meningkatkan kuat lentur dan daktilitas beton. Penelitian Kardos and Durham (2015) juga menyatakan penggunaan remah karet dapat menurunkan kuat tekan beton karena remah karet memiliki ikatan yang lemah dengan pasta semen.

### 3.2. Uji Kuat Tarik Belah

kuat tarik belah beton PCC dan PCC-CR-FA direndam dalam air gambut hingga umur 120 hari tertera pada Gambar 3. Beton PCC-CR-FA adalah beton yang dibuat dengan menambahkan remah karet sebagai pengganti agregat halus dan FABA sebagai pengganti semen.



**Gambar 3.** Hasil pengujian kuat tarik belah beton PCC dan PCC-CR-FA di air gambut pada umur 0, 7, 28, 91, dan 120 hari

Gambar 4 menunjukkan nilai kuat tarik terbesar adalah 3,44 MPa dan 3,54 MPa untuk beton PCC dan PCC-CR-FA pada umur perendaman 28 hari. Kenaikan kuat tarik benda uji terjadi secara bertahap hingga umur 28 hari sebesar 3,27% dan 4,93% untuk beton PCC dan PCC-CR-FA. Selain karena FABA bersifat pozzolan dapat mempercepat ikatan antara agregat dan pasta, hal ini juga dikarenakan air gambut dapat memicu percepatan ikatan antara semen dan agregat sehingga meningkatkan kuat tarik belah. Hal ini dinyatakan dalam Su, Yang, Ling, Ghataora, and Dirar (2014) yang menunjukkan bahwa ukuran partikel remah karet yang mengisi pori dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik belah karena penambahan remah karet meningkatkan kelenturan pada struktur yang memperlambat terjadinya retakan.

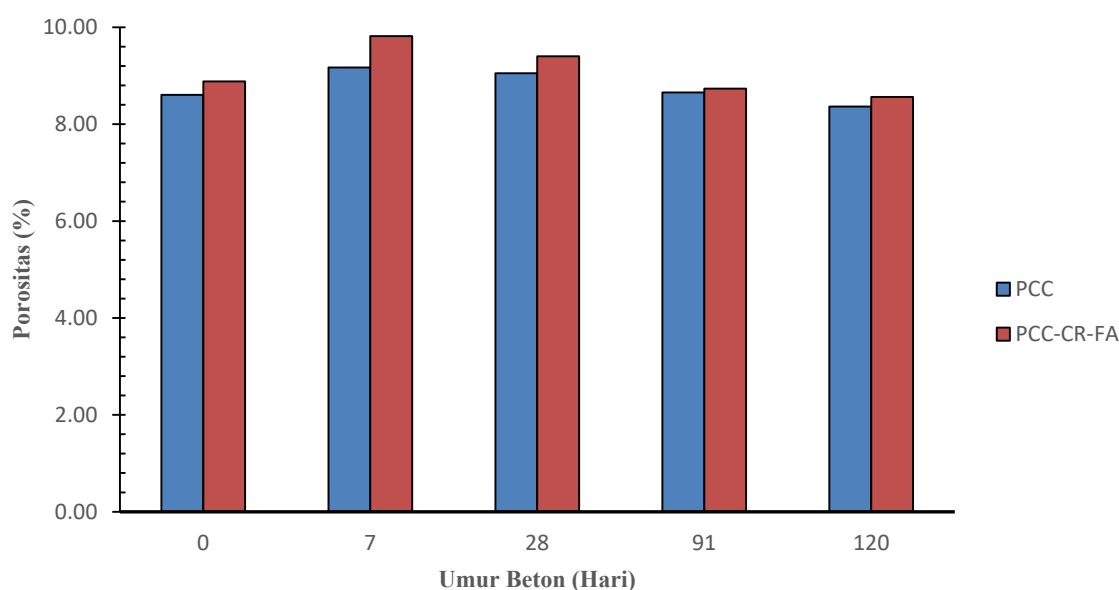
Selanjutnya, beton PCC dan PCC-CR-FA mengalami penurunan nilai kuat tarik belah hingga umur 120 hari air gambut sebesar 12,94% dan 4,41%. Hal ini disebabkan karena serangan asam yang terjadi secara terus-menerus akan membentuk *ettringite* sehingga ikatan antar partikel beton akan semakin lemah menyebabkan penurunan nilai kuat tarik belah. Sesuai pernyataan Prasetyo, Sitompul, Djauhari, Ismeddiyanto., and Olivia (2016) bahwa beton PCC memperlihatkan penurunan kuat tarik belah yang signifikan pada umur rendaman 91 hari air gambut karena serangan asam yang terjadi terus menerus dapat merusak beton.

Berdasarkan uji tarik belah beton PCC-CR-FA memiliki nilai kuat tarik lebih besar dibandingkan beton PCC. Pada umur rendaman 7 hari kuat tarik belah beton PCC adalah 3,43 MPa sedangkan beton PCC-CR-FA adalah 3,51 MPa. Begitu juga pada umur rendaman 120 hari beton PCC memiliki kuat tarik 2,90 MPa dan beton PCC-CR-FA sebesar 3,22 MPa. Hal ini dikarenakan beton PCC-CR-FA mengandung remah karet yang bersifat lentur sehingga dapat meningkatkan kuat tarik belah beton dan FABA yang dapat mengisi pori yang terkikis akibat ion asam pada gambut. Hal ini sesuai dengan penelitian Abdurrahman, Wibisono, et al. (2019) menyatakan bahwa penambahan remah karet pada campuran beton dapat meningkatkan sifat elastis pada beton sehingga meningkatkan kuat tarik belah pada beton dan Marthinus, Sumajouw, and Windah (2015) menunjukkan bahwa beton dengan penambahan FABA memiliki kuat tarik belah meningkat dengan penambahan umur perendaman karena FABA mengandung pozzolan yang bisa menjadi bahan tambah mineral yang baik pada campuran beton.

Semakin tinggi kuat tekan artinya beton akan semakin getas, maka kelenturan beton akan berkurang sehingga kuat tarik belah menurun. Adanya serangan asam secara terus menerus ikatan antar partikel beton semakin lemah pada umur beton 91 hari. Menurut Ganjian, Khorami, and Maghsoudi (2009), penurunan kuat tarik belah dengan peningkatan kadar remah karet dalam campuran dapat disebabkan oleh beberapa alasan, yaitu pasta semen lunak yang mengandung partikel karet, bahan penyusun yang berbeda, dan distribusi partikel karet yang tidak seragam dalam beton.

### 3.3. Uji Porositas

Nilai porositas beton menunjukkan jumlah persentase ruang kosong antara fase material yang terdapat didalam beton. Semakin banyak volume pori yang terdapat didalam beton maka semakin tinggi nilai porositas beton tersebut. Porositas merupakan nilai yang penting pada beton karena berhubungan langsung dengan durabilitas beton. Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian perubahan porositas beton PCC dan PCC-CR-FA pada umur 0, 7, 28, 91, dan 120 hari.



**Gambar 4.** Hasil pengujian perubahan porositas beton PCC dan PCC-CR-FA di air gambut pada umur 0, 7, 28, 91, dan 120 hari

Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian porositas beton PCC dan beton PCC-CR-FA tertinggi adalah 9,17% dan 9,82% pada umur rendaman 7 hari kemudian mengalami penurunan hingga umur 120 hari sebesar 0,24% dan 0,32% untuk beton PCC dan PCC-CR-FA. Hal ini dikarenakan pozzolan yang terdapat pada semen PCC dan FABA bereaksi menghasilkan gel yang dapat menyebabkan beton menjadi kedap. Menurut hasil penelitian Putra, Olivia, and Saputra (2020) nilai porositas beton PCC yang terpapar air gambut mengalami penurunan hingga umur perendaman 120 hari air gambut. Hal ini dikarenakan terjadi proses hidrasi yang baik pada beton PCC.

Nilai porositas beton PCC-CR-FA cenderung lebih tinggi dari pada beton PCC. Nilai porositas beton PCC-CR-FA adalah sebesar 8,88% sedangkan beton PCC sebesar 8,61% pada umur rendaman 0 hari gambut. Begitu juga pada umur rendaman 7 hari gambut, beton PCC-CR-FA memiliki nilai porositas sebesar 9,82% Sedangkan beton PCC sebesar 9,17%. Hal tersebut dikarenakan remah karet yang terdapat pada beton PCC-CR-FA yang bersifat elastis meningkatkan jumlah pori karena tidak terjadi pemadatan yang baik. Hal ini sesuai penelitian Bisht and Ramana (2017) yang menunjukkan nilai porositas beton cenderung meningkat seiring dengan penambahan remah karet pada beton karena remah karet dapat mengikat udara pada permukaan beton sehingga menambah jumlah pori dan proses pemadatan tidak efisien.

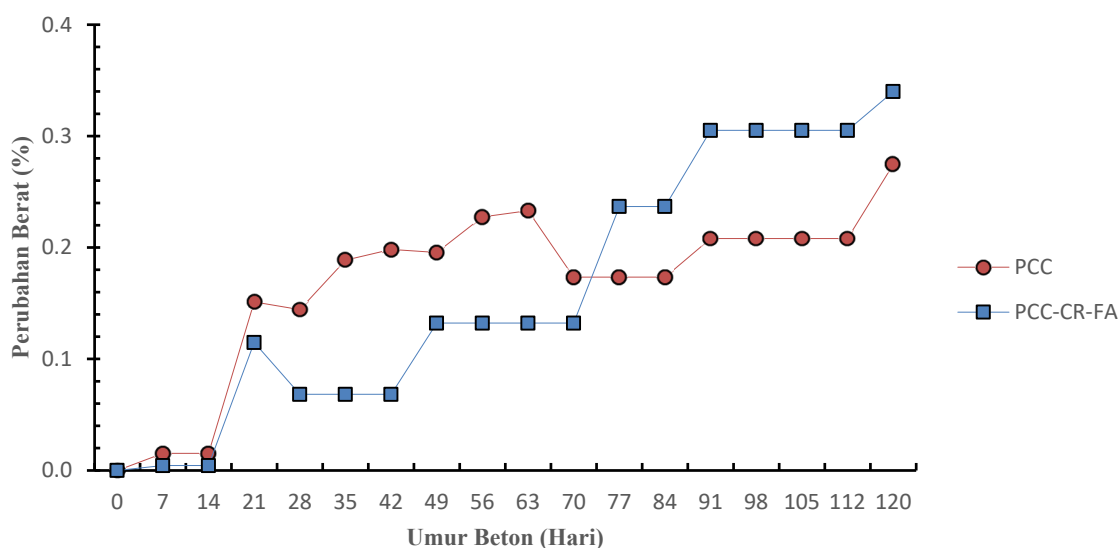
Porositas beton PCC-CR-FA yang mengandung remah karet lebih besar walaupun kuat tarik belah meningkat adalah akibat dari bahan penyusun beton yang tidak homogen. Remah karet dapat meningkatkan nilai kekuatan lentur beton karena sifat elastisnya yang tinggi, meskipun kesulitan yang dihadapi selama pemadatan beton segar menurunkan kepadatan beton Kardos and Durham (2015) . Hal ini disebabkan oleh remah karet dengan kadar optimum mampu berperan sebagai tulangan yang dapat meningkatkan kuat tarik belah dan kuat lentur. Sehingga bisa mempertahankan sifat mekaniknya tetap tinggi dengan kondisi porositas yang lebih besar dibandingkan dengan beton PCC tanpa remah karet. Hal ini



sesuai dengan pernyataan Abdurrahman, Qoryati, and Olivia (2019) bahwa beton yang mengandung remah karet memiliki nilai kuat lentur lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal.

### 3.4. Uji Perubahan Berat

Hasil pengujian perubahan berat beton PCC dan PCC-CR-FA (Gambar 6) pada umur 0, 7, 28, 91, dan 120 hari menunjukkan bahwa beton PCC dan PCC-CR-FA mengalami peningkatan nilai perubahan berat sampai umur rendaman 120 hari yaitu sebesar 0,27% dan 0,34%. Hal ini dikarenakan kandungan pozzolan pada kedua jenis beton. Beton PCC mengandung pozzolan yang terdapat pada semen PCC sedangkan beton PCC-CR-FA mengandung pozzolan yang berasal dari semen PCC dan FABA. Hal ini sesuai dengan pernyataan Olivia et al. (2014) bahwa perubahan berat pada beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur perendaman karena kandungan pozzolan bertambah pada semen meningkatkan perubahan berat beton secara signifikan.



**Gambar 5.** Hasil pengujian perubahan berat beton PCC dan PCC-CR-FA di air gambut pada umur 0, 7, 28, 91, dan 120 hari

Pada umur rendaman 77 hingga 120 hari beton PCC-CR-FA memiliki nilai perubahan berat yang lebih besar dibandingkan beton PCC. Hal ini dikarenakan kandungan remah karet pada beton PCC-CR-FA dapat membantu mempertahankan permukaan beton yang diserang oleh air gambut. Hal ini sesuai dengan penelitian Qoryati, Olivia, and Wibisono (2019) menunjukkan nilai perubahan berat beton dengan remah karet lebih tinggi dari pada beton PCC setelah perendaman 28 hari air gambut.

Penambahan berat pada beton PCC-CR-FA menunjukkan terjadinya perubahan kepadatan beton di permukaan sehingga cenderung memiliki ketahanan lebih baik setelah direndam pada air gambut. Akan tetapi untuk mengetahui senyawa baru yang terbentuk dari hasil reaksi pada beton PCC-C-FA di lingkungan air gambut sehingga mempengaruhi durabilitas beton maka diperlukan pengujian selanjutnya menggunakan SEM-EDX.

#### **4. SIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan penelitian menggunakan campuran remah karet dan FABA di lingkungan gambut dapat dilihat telah terjadi peningkatan durabilitas beton PCC-CR-FA dengan tambahan 5% remah karet dan 10% FABA dari volume semen. Beton PCC-CR-FA memiliki nilai kuat tarik belah lebih besar dibandingkan dengan beton PCC. Seiring dengan menambahkan umur perendaman baik beton PCC maupun beton PCC-CR-FA mengalami kenaikan kuat tarik belah hingga umur rendaman 28 hari. Pada beton PCC-CR-FA terjadi penurunan kuat tekan dibanding beton PCC, tetapi seiring dengan bertambahnya umur beton hingga 120 hari beton PCC dan PCC-CR-FA mengalami peningkatan nilai kuat tekan dan penurunan nilai porositas. Selain itu, penambahan karet remah dan FABA mengakibatkan terjadinya peningkatan berat beton seiring dengan bertambahnya umur beton. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan remah karet dan FABA pada perkerasan kaku di lingkungan gambut dapat memperbaiki durabilitas beton. Namun, untuk mengetahui lebih jelas tentang durabilitas beton di lingkungan agresif perlu dilakukan pengujian *sorptivity* untuk mengetahui tingkat penyerapan air pada beton dan uji SEM-EDX untuk mengetahui mineral yang dihasilkan oleh beton PCC dan PCC-CR-FA.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian benda uji di Laboratorium Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Riau.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdurrahman, H., Qoryati, M. M., & Olivia, M. (2019). Properties of Concrete Using Crumb Rubber and Rice Husk Ash as Additive for Rigid Pavement Material In Peat Environment.
- Abdurrahman, H., Wibisono, G., Qoryati, M., Sitompul, I. R., & Olivia, M. (2019). *Mechanical Properties of Crumb Rubber-Rice Husk Ash Concrete As a Rigid Pavement Material*. Paper presented at the The 7th International Conference on Euro Asia Civil Engineering Forum.
- ASTM C 267. (1998). *Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic Surfacing and Polymer Concretes*. United States: ASTM.
- ASTM C 642-06. (2006). *Standard Test Methods for Density, Absorbtion, and Voids in Hardened Concrete*. West Conshohocken: ASTM International.
- Bisht, K., & Ramana, P. V. (2017). Evaluation on Mechanical and Durability Properties of Crumb Rubber Concrete. *Contruction and Building Materials, 155*, 811-817.
- Dewan Karet Indonesia. (2012). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor menurut Jenis Tahun 1987-2013*.
- Fantilli, A. P., Chiaia, B., & Gorino, A. (2016). *Ecological and Mechanical Assessment of Lightweight Fiber-reinforced Concrete Made With Rubber or Expanded Clay Aggregates*. Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, Italy: Department of Structural, Building and Geotechnical Engineering, Politecnico di Torino.
- Ganjian, E., Khorami, M., & Maghsoudi, A., A. (2009). *Constr. Build. Mater. 23 18*, 28-36.
- Gupta, T., Chaudhary, S., & Sharma, R. K. (2014). Assesment of Mechanical and Durability Properties of Concrete Containing Waste Rubber Tire As Fine Aggregate. *Construction and Building Materials, 73*, 562-574.
- INCAS, I. N. C. A. S. (2015). *Indonesia Population, Riau*.
- Kardos, A. J., & Durham, S. A. (2015). Strength, Durability, and Environmental Properties of Concrete Utilizing Recycled Tire Particles for Pavement Applications. *Contruction and Building Materials, 98*, 832-845.
- Kinasti, R. M. A., & Notodisuryo, D. N. (2017). Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batubara ( Bottom Ash) pada PLTU Suralaya Sebagai Media Tanam dalam Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Kilat Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknik-PLN, 6(2)*.

- Marthinus, A. P., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi*.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2006). *Concrete Microstructure, Properties and Material*. New York: Mc Graw-Hill.
- Nastain, & Maryoto, A. (2010). Pemanfaatan Pemotongan Ban Bekas untuk Campuran Beton Serat Perkerasan Kaku. *Dinamika Rekayasa*, 6(1).
- Neville, Adam, M., & Brooks, J. J. (2010). *Concrete Technology*. London: Pearson.
- Olivia, M., Damayanti, L., Kamaldi, A., & Djauhari, Z. (2015). *Kuat Tekan Beton dengan Semen Campuran Limbah Agro-Industri di Lingkungan Asam*. Paper presented at the Prosiding 2nd Andalas Civil Engineering National Conference, Padang.
- Olivia, M., Hutapea, U. A., Sitompul, I. R., Damayanti, L., Kamaldi, A., & Djauhari, Z. (2014). *Properties of Plain and Blended Cements Exposed to Sulfuric Acid Solution and Acidic Peat Water : a preliminary Study*. Paper presented at the The 6th International Conference of Asian Concrete Federation.
- Olivia, M., Pradana, T., & Sitompul, I. R. (2016). *Properties of Plain and Blended Cement Concrete Immersed in An Acidic Peat Water Canal*. Paper presented at the Sustainable Civil Engineering Structure and Construction Material, Denpasar.
- Pandiangan, J. A., Olivia, M., & Damayanti, L. (2014). Ketahanan Beton Mutu Tinggi di Lingkungan Asam. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Riau*, 1(1).
- Pangestuti, E. K. (2011). Penambahan Limbah Abu Batu Bara pada Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 13(2), 161-168.
- Prasetyo, A., Sitompul, I. R., Djauhari, Z., Ismeddiyanto., & Olivia, M. (2016). *Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Beton OPC dan PCC Menggunakan Air Gambut Sebagai Air Pencampur*. Paper presented at the Prosiding Seminar ACE.
- Putra, W. A., Olivia, M., & Saputra, E. (2020). Ketahanan Beton Semen Portland Composite Cement (PCC) di Lingkungan Gambut Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau*, 14(1).
- Qoryati, M., Olivia, M., & Wibisono, G. (2019). *Durabilitas Beton Campuran Crumb Rubber dan Abu Sekam untuk Material Perkerasan Kaku di Tanah Gambut*. (Strata-1), Universitas Riau, Riau.
- Sgobba, S., Borsa, M., Molfetta, M., & Marano, G. C. (2015). Mechanical performance and medium-term degradation of rubberized concrete. *Jurnal Contruction and Building Material*, 820-831.
- SNI 03-1974. (2011). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2491. (2014). *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Bandung: Badan Standarisasi Indonesia.
- Su, H., Yang, J., Ling, T. C., Ghataora, G. S., & Dirar, S. (2014). Properties of Concrete Prepared with Waste Tyre Rubber Particles of Uniform and Varying Sizes. *University of Birmingham*, 91, 288-296.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Yamin, A., & Halienna, A. (2017). *Buku Pintar Bidang Jalan dan Jembatan*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.