

Karakteristik Beton *CRUMB RUBBER* dan Abu Sekam Padi menggunakan Air Gambut sebagai Pencampur dan Perawatan Beton

Nur Alfikri¹, Monita Olivia^{2*}, Gunawan Wibisono²

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

²Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

*Corresponding author: monita.olivia@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Ketersediaan air bersih yang terbatas di lingkungan gambut menjadi permasalahan yang sangat serius. Hal ini menyebabkan penggunaan air gambut menjadi alternatif pemenuhan air untuk pembuatan beton di provinsi Riau tidak dapat dihindari. Tujuan penelitian ini adalah Mengkaji pengaruh air gambut sebagai air campuran dan perawatan beton dengan mutu rencana f_c 35 MPa. Pada penelitian ini, beton *Portland Composite Cement* (PCC) digunakan sebagai beton kontrol. Sedangkan beton *crumb rubber* dan abu sekam padi (PCC CR RHA) menggunakan *crumb rubber* sebesar 5% dari volume agregat halus, dan abu sekam padi sebanyak 10% dari volume semen. Pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur dilakukan dengan perendaman selama 56 hari di air normal maupun di air gambut. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton PCC dan beton PCC CR RHA meningkat dengan bertambahnya umur beton, baik itu dilakukan dengan pencampuran air normal maupun pada saat perendaman dengan air gambut. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, beton PCC CR RHA memiliki kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton PCC pada kondisi air gambut sebagai air pencampuran dan perawatan sehingga dapat disimpulkan bahwa *crumb rubber* dan abu sekam padi dapat meningkatkan ketahanan beton di lingkungan gambut.

Kata Kunci: abu sekam padi; *crumb rubber*; gambut; kuat tarik; kuat tekan

ABSTRACT

The availability of clean water in peatlands has becomes a deliberate problem. This leads to the usage of peat water as an alternative to manufacture concrete in Riau Province which unavoidable. The purpose of this study is to examine peat water as mixed water and curing water with designed quality of f_c 35 MPa. In this study, Portland Composite Cement (PCC) was used as control concrete. While PCC CR RHA concrete used 5% of crumb rubber by the volume of fine aggregate and rice husk ash as much as 10% by the cement volume. Compression test, splitting tensile test, and flexural test were carried out by the immersion for 56 days in both normal water and peat water. Result showed that compressive strength, tensile strenght, and flexural strength of PCC and PCC CR RHA concrete was increased in line with the increasing age of concrete, either by using normal water or by immersing it with peat water. According to the test results, PCC CR RHA concrete had higher compressive strength, tensile strength, and flexural strength compared to PCC concrete under conditions using peat water as mixing and curing water, so it can be concluded that crumb rubber and rice husk ash can increase the durability of concrete in peat environments.

Keywords: *compressive strength; crumb rubber; peatlands; rice husk ash; tensile strength*

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2015 Badan Pusat Statistik (BPS) mengeluarkan data luas daerah di Provinsi Riau ialah sebesar 8.915.062 Ha dan didominasi oleh tanah lunak jenis tanah gambut (*histosol*) seluas 3,8 juta Ha atau sekitar 43,35%. Kondisi tersebut menyebabkan konstruksi beton di Provinsi Riau rentan terjadi kerusakan ketika terpapar air gambut yang merupakan salah satu lingkungan agresif. Berdasarkan *ACI Guide to Durable* (2016) lingkungan agresif pada beton adalah lingkungan yang cenderung memiliki kandungan kimia diatas konsentrasi minimum yang dapat bereaksi dengan beton

dan menyebabkan kerusakan pada beton (*deterioration*). Lingkungan dikategorikan sebagai lingkungan agresif apabila mengandung sulfat, garam dari air laut, asam, dan karbonasi (*ACI Committee* 201, 2016) [1]. Umumnya, lingkungan gambut memiliki derajat keasaman yang tinggi dengan pH berkisar antara 3-5 sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada beton apabila terpapar langsung [9]. Karakteristik air gambut di Provinsi Riau pada umumnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Beton pada lingkungan gambut akan bereaksi dengan ion-ion sulfat dari asam gambut yang membuat proses hidrasi dari semen terganggu, reaksi tersebut menghasilkan kalsium sulfat atau *gypsum* dan kalsium

sulphoaluminat atau *ettringite* yang dapat mengurangi durabilitas beton. Penelitian oleh Hutapea et al (2014) menunjukkan bahwa kuat tekan mortar dengan semen OPC semakin menurun seiring bertambahnya umur mortar dalam rendaman air gambut [24].

Tabel 1. Karakteristik air gambut

Parameter	Satuan	Air gambut Riau
Warna	PtCo	1125
Kekeruhan	Mg/LSiO ₂	9
DHL	μ mho/cm	75
pH	-	4
ZatOrganik	mg/L	343
Kesadahan	°D	1,4
Besi	mg/L	-
Magnesium	mg/L	6,2
Chloride	mg/L	18
SO ₄	mg/L	-
HCO ₃	mg/L	-
CO ₂ agresif	mg/L	80,6

Kerusakan beton maupun mortar di lingkungan gambut terjadi karena ada dua reaksi utama yang memelopori kerusakan. Reaksi yang pertama adalah 18 kalsium hidroksida bereaksi dengan karbondioksida (CO₂) menghasilkan kalsium karbonat (CaCO₃) yang tidak larut dalam air. Pembentukan kalsium karbonat (CaCO₃) sebenarnya tidak menimbulkan kerusakan beton, tetapi proses berikutnya dimana kalsium karbonat (CaCO₃) akan bereaksi lagi dengan karbon dioksida (CO₂) yang ada dalam air menghasilkan kalsium bikarbonat (Ca(HCO₃)₂) yang mudah larut dalam air [16].

Reaksi kedua adalah apabila kalsium silikat hidrat (C-S-H) dan kalsium aluminat hidrat (3CaO.Al₂O₃.3H₂O) bereaksi dengan ion-ion asam maka akan menghasilkan gipsum (CaSO₄.2H₂O) dan *calcium sulphoaluminat* (3CaO.Al₂O₃.3CaSO₄.31H₂O) yang dikenal dengan istilah *ettringite*. *Ettringite* mempunyai volume yang lebih besar dibandingkan dengan volume komponen penyusunnya sehingga akan mengakibatkan terjadinya ekspansi yang dapat menyebabkan kerusakan pada beton maupun mortar [12].

Ketahanan beton terhadap lingkungan asam bergantung pada kualitas beton itu sendiri. Semen spesifik serta bahan aditif dapat ditambahkan dalam campuran beton, beton yang tahan akan serangan lingkungan asam bisa juga dihasilkan dengan memakai campuran limbah yaitu ban bekas. Ban bekas ialah limbah asal tunggangan bermotor yang mempunyai struktur kompleks sebagai akibatnya sulit buat diuraikan. Selain itu pemusnahannya dengan cara dibakar juga akan menyulitkan karena membutuhkan suhu diatas 322°C [22]. Sesuai dengan data dari BPS yang menyebutkan bahwa jumlah tunggangan bermotor secara keseluruhan pada tahun 2013 berjumlah 104.118.969 unit dan mengalami peningkatan pada tahun 2014 menjadi 114.209.266 unit [5]. Peningkatan ini akan berakibat bertambahnya jumlah limbah ban bekas sehingga diperlukan langkah alternatif untuk mengelola limbah tersebut agar dapat dimanfaatkan kemabli. Salah satu jenis limbah ban bekas yang bisa dipergunakan

kembali adalah *crumb rubber* sebagai material tambahan pada adukan beton.

Crumb rubber memiliki ukuran antara 4,75 mm (Saringan no. 4) sampai 0,075 mm (Saringan no. 200). *Crumb rubber* memiliki modulus elastisitas yang cukup tinggi, yaitu 0,77 – 1,13 Mpa dengan nilai rapat massa yang rendah yaitu berkisar antara 1,08 – 1,27 ton/m³ [18]. Penggunaan *crumb rubber* pada campuran beton dapat menaikkan kuat tekan sekaligus kuat lentur, namun apabila telah mencapai kadar optimum, penambahan *crumb rubber* dapat menyebabkan penurunan kuat tekan ditimbulkan berkurangnya kepadatan adukan beton sehingga campuran beton tidak akan memampat dengan baik [15]. Dalam upaya untuk mempertahankan kuat tekan beton tersebut membutuhkan bahan tambahan lain yang dapat menaikkan kepadatan dari beton. Salah satunya ialah bahan pozzolanik seperti abu sekam padi yang memiliki ukuran butiran yang sangat halus sehingga dapat mengisi ruang pori pada beton dan meningkatkan kepadatan beton.

Abu sekam padi merupakan residu dari pembakaran sekam padi dalam kondisi suhu dan waktu yang terkendali. Abu sekam padi akan mengandung silika reaktif jika dibakar pada suhu yang terkontrol antara 500-700°C [6]. Abu sekam padi yang mengandung silika (SiO₂) disebut juga sebagai material pozzolan. Material pozzolan adalah bahan yang tidak dapat mengikat seperti semen, tetapi memiliki bentuk yang halus dan dengan adanya air dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida dan membentuk senyawa dengan sifat yang mirip dengan semen.

Abu sekam padi merupakan bahan pozzolan yang efektif. Kandungan pozzolan pada abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada semen [17]. Abu sekam padi yang memiliki bahan pozzolan tersebut dapat bereaksi dengan Ca(OH)₂ yaitu produk hidrasi dari semen portland yang akan membentuk gel kalsium hidrat silikat CSH. Dengan demikian, bila digunakan dengan semen portland, pozzolan dalam abu sekam padi tidak akan mulai bereaksi sampai beberapa bagian semen portland terhidrasi menjadi Ca(OH)₂. Penundaan ini menyebabkan reaksi berjalan lebih lambat dibandingkan dengan semen portland. Oleh karena itu adanya kandungan pozzolan dalam abu sekam padi dapat mereduksi jumlah Ca(OH)₂ yang selanjutnya terbentuk menjadi gel CSH, sehingga stabilitas semen di lingkungan asam dapat meningkat.

Abu sekam padi dapat digunakan sebagai pengganti semen karena banyaknya silika yang dikandungnya. Kandungan silika pada abu sekam padi dalam beton dapat meningkatkan kuat tekan beton dan mengecilkan porositas pada beton. Penelitian oleh Ednor et al (2017) membuktikan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan mortar yang direndam langsung di air gambut [10]. Penambahan abu sekam

padi pada campuran beton juga dapat menaikkan kekedapan campuran beton tersebut sehingga perpaduan *crumb rubber* menggunakan abu sekam padi ialah kombinasi yang baik untuk membuat beton dengan kuat lentur serta kuat tekan yang tinggi [13].

Penggunaan struktur beton menjadi pilihan utama untuk pembangunan konstruksi dibanding struktur baja atau struktur kayu khususnya di wilayah Provinsi Riau. Hal ini dikarenakan struktur beton memiliki sifat *workability*, mampu menerima beban tekan dengan baik, mudah dalam perawatan dan bernilai ekonomis, namun pada saat pelaksanaan konstruksi di lapangan sering kali keterbatasan air bersih sebagai campuran beton menjadi masalah dan air gambut merupakan satu-satunya sumber air permukaan yang tersedia di sekitar wilayah ini. Akibat dari permasalahan itu membuat para pekerja konstruksi terpaksa memanfaatkan air yang tersedia di daerah sekitar (air gambut) sebagai campuran beton. Menurut Mulyono (2003) air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih tidak boleh mengandung minyak, alkali, zat organik, atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan sehingga sebaiknya memakai air tawar yang dapat diminum [14].

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan kajian mengenai pemanfaatan *crumb rubber* dan abu sekam padi pada campuran beton dan perilaku beton yang menggunakan air gambut sebagai air pencampuran dan perawatan beton.

2. METODE PENELITIAN

Bahan Penyusun Beton

Penelitian ini menggunakan Semen PCC (*Portland Composite Cement*) yang diproduksi oleh PT. Semen Padang dengan hasil pengujian komposisi kimia ditunjukkan oleh Table 2. Agregat yang digunakan berasal dari *quarry* PT. Mitra Beton, Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar. Agregat kasar dan halus yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai berat jenis 2,56 dan 2,62. Air yang digunakan sebagai pencampuran dan perawatan merupakan air gambut yang diperoleh dari Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar.

Tabel 2. Karakteristik kimia *Portland Cement Composite* (PCC) PT. Semen Padang

No.	Pengujian Komposisi Kimia	Hasil Uji
1	Bagian Tak Larut	8,12%
2	Magnesium Oksida	0,63%
3	Sulfur Trioksida (SO ₃)	1,78%
4	Hilang Pijar	4,60%
5	Total Alkali (Na ₂ O+0,658K ₂ O)	0,52%

Crumb rubber yang digunakan merupakan salah satu olahan limbah ban bekas yang dihasilkan dengan cara pemotongan dan pencacahan hingga berbentuk remah berukuran 4.75-0.075 mm atau setara dengan lolos saringan no. 4 dan tertahan di

saringan no. 200 sehingga dapat menjadi material pengisi agregat halus pada beton. Pada penelitian ini *crumb rubber* digunakan sebagai bahan tambah dari volume agregat halus untuk meningkatkan kinerja beton di lingkungan asam.

Abu sekam padi yang dipergunakan berasal dari daerah Kabupaten Kampar, Riau dengan komposisi kimia sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3. Komposisi kimia abu sekam padi diperoleh dari hasil pengujian di Balai Riset dan Standardisasi Industri Padang. Campuran beton menggunakan *crumb rubber* sebanyak 5% dari volume agregat halus dan abu sekam padi dengan perbandingan sebesar 10% terhadap volume semen. Nilai persentase penambahan *crumb rubber* dan abu sekam padi didasari hasil studi parametrik oleh Abdurrahman et al (2019) [8]. Abu sekam padi digunakan sebagai bahan tambah untuk kekedapan beton. Sedangkan air pencampur yang digunakan ialah air gambut serta bahan tambah *Sikament NN*.

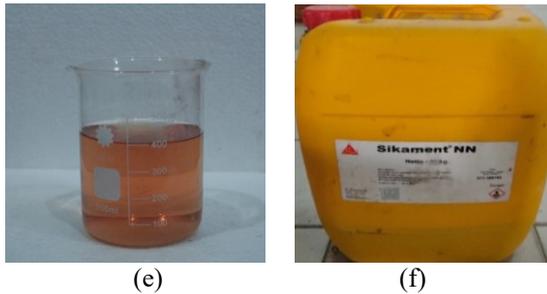
Tabel 3. Komposisi kimia abu sekam padi

Parameter Uji	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
K ₂ O	%	0,98	SNI 15-2049-2004
SiO ₂	%	86,92	SNI 15-2049-2004
Al ₂ O ₃	%	1,41	SNI 15-2049-2004
Fe ₂ O ₃	%	0,48	SNI 15-2049-2004
CaO	%	1,77	SNI 15-2049-2004
MgO	%	1,01	SNI 15-2049-2004
Na ₂ O	%	0,05	SNI 15-2049-2004
SO ₃	%	0,46	SNI 15-2049-2004
P ₂ O ₅	%	0,05	SNI 2803:2010
LOI	%	7,63	SNI 15-2049-2004

Sumber: (Balai Riset dan Standardisasi Industri Padang, 2019)

Material penyusun beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.





Gambar 1. Material penyusun beton, (a) semen PCC, (b) agregat kasar dan halus, (c) *crumb rubber*, (d) abu sekam padi, (e) air gambut, dan (f) *sikament NN*

Perencanaan Benda Uji

Tabel 4 menampilkan total jumlah benda uji yang dipergunakan pada penelitian ini. Berdasarkan Tabel 4, pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur untuk mengkaji kinerja beton campuran *crumb rubber* dan abu sekam padi yang menggunakan air gambut sebagai air pencampuran dan perawatan beton. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan benda uji silinder dengan dimensi 105x210mm mengacu pada SNI 03-1974-2011, pengujian kuat tarik belah mengikuti SNI 03-2491-2014 dengan menggunakan benda uji silinder berdimensi 150x300mm, dan pengujian kuat lentur mengikuti SNI 4431-2011 menggunakan benda uji balok berdimensi 600x150x150 mm. Jumlah benda uji pada tiap-tiap umur pengujian sebanyak 3 sampel dengan jumlah total sampel yang dicetak pada penelitian ini adalah 132 benda uji. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik dilakukan pada beton setelah direndam selama 3, 7, 28 dan 56 hari, sedangkan pengujian kuat lentur dilakukan pada umur beton 7, 28, dan 56 hari.

Tabel 4. Jumlah material uji rencana riset

Pengujian	Jenis sampel uji	Dimensi benda uji (cm)	Umur pengujian (hari)	Jumlah
Kuat tekan	Silinder	10,5x21	3, 7, 28, 56	48
Kuat tarik belah	Silinder	15x30	3, 7, 28, 56	48
Kuat lentur	Balok	60x15x15	7, 28, 56	36
Total				132

Mutu beton dirancang dengan kekuatan rencana sebesar 35 MPa. Komposisi campuran beton PCC dan beton *crumb rubber* abu sekam padi (PCC CR RHA) per volume 1 m³ dapat dilihat pada Table 5 berikut. *Crumb rubber* direndam dalam air terlebih dahulu selama 24 jam untuk mengurangi volume udara yang melekat pada permukaan karet pada saat sudah menjadi beton. Abu sekam padi dikeringkan menggunakan oven dan didinginkan pada suhu ruang 25°C. Sebelum dilakukan pembuatan benda uji, agregat kasar dan agregat halus diuji kadar airnya, dengan tujuan menjaga kadar air pada material agar tetap sama pada saat dilakukan pengecoran. Pada benda uji PCC CR RHA ditambahkan *sikament NN*

sebanyak 1% dari berat semen untuk meningkatkan kemudahan pengerjaan (*workability*).

Tabel 5. Komposisi beton PCC dan PCC CR RHA untuk 1 m³

Jenis beton	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air normal/gambut (kg)	CR (kg)	RHA (kg)	SP
PCC	599	505	1074	36	-	-	-
PCC CR RHA	599	505	1074	36	5,36	4,17	5,99

Perawatan (*curing*) beton dilakukan dengan perendaman menggunakan air gambut dan air normal. Beton normal PCC juga dicetak dan direndam pada air gambut dan air normal sebagai pembandingan hasil pengujian (kontrol). Untuk metode perawatan material riset pada air normal serta air gambut dapat dilihat pada Gambar 2.



(a)



(b)

Gambar 2. Benda uji di (a) air normal dan (b) air gambut

Pengujian Beton

Pengujian beton pada penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur. Sebelum dilakukan pengujian beton diangkat dari tempat perawatan (*curing*) dan dibiarkan mengering pada suhu ruang selama 24 jam.

Pengujian kuat tekan beton mengikuti pedoman yang diberikan oleh SNI 03-1974-2011 dengan tujuan untuk mengetahui besar kekuatan beban yang mampu diterima oleh beton per satuan luas dengan satuan megapascal (MPa) [19]. Beban diberikan oleh mesin uji tekan hingga beton hancur dan beban maksimum sebelum hancur dicatat. Adapun nilai

kuat tekan (f'_c) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$f'_c = P/A \tag{1}$$

Keterangan:

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm^2)

Pengujian kekuatan beton terhadap tarik belah dilakukan sesuai pedoman pengujian kuat tarik belah, yaitu SNI 03–2491-2014 [20]. Pengujian dipergunakan untuk mengenali kapabilitas beton dalam menahan beban lateral serta menilai resistansi geser beton. Beban tekan yang diberikan merata sepanjang benda uji silinder hingga mencapai batas kemampuan beton dan menyebabkan beton terbelah 2 pada zona gagal tarik. Untuk menghitung kuat tarik belah beton (f_{ct}) digunakan rumus berikut.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \tag{2}$$

Keterangan:

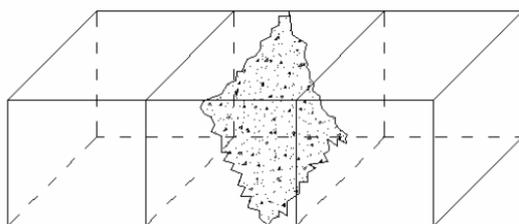
f_{ct} = Kuat tarik belah beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

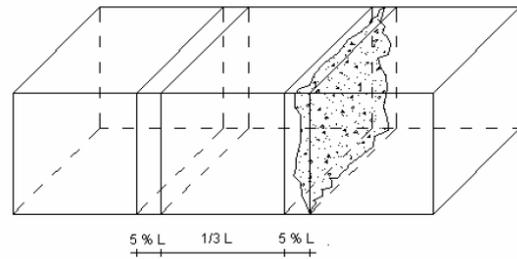
D = Diameter silinder (mm)

L = Panjang silinder (mm)

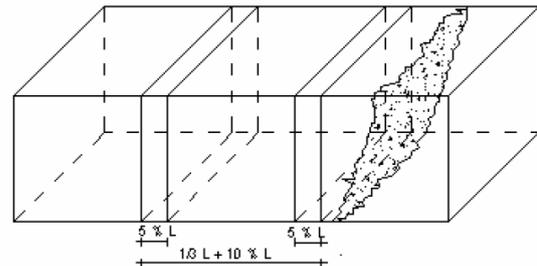
Pengujian kuat lentur dilakukan mengikuti standar pengujian kuat lentur dengan metode pembebanan dua titik (SNI 4431-2011) yang dipergunakan untuk memperoleh nilai kuat lentur beton untuk perencanaan struktur terutama di struktur perkerasan kaku [21]. Kuat lentur beton merupakan kemampuan beton dalam menahan gaya dari arah tegak lurus sumbu hingga beton mengalami patah. Nilai kuat lentur beton yang tinggi dapat mencegah terjadinya retak halus pada beton. Untuk mengetahui nilai kuat lentur beton, digunakan persamaan yang disesuaikan dengan jarak bidang patahnya. Pada bidang patah yang terletak di daerah pusat, yaitu daerah $1/3$ jarak titik perletakan bagian tengah (lihat Gambar 3), kuat lentur beton dihitung dengan rumus (3), sedangkan untuk bidang patah berada di luar daerah pusat dengan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% jarak titik perletakan (lihat Gambar 4), kuat lentur beton dihitung dengan persamaan (4). Untuk bidang patah yang berada di luar daerah pusat dengan jarak antara titik pusat dan titik patah lebih dari 5% jarak titik perletakan, hasil pengujian tidak dapat digunakan (lihat gambar 5).



Gambar 3. Patah pada daerah pusat



Gambar 4. Patah di luar daerah pusat dengan titik patah <5% dari jarak titik perletakan



Gambar 5. Patah di luar daerah pusat dengan jarak antara titik pusat dan titik patah lebih dari 5%

$$f_r = P.L/b.h^2 \tag{3}$$

$$f_r = P.a/b.h^2 \tag{4}$$

Keterangan:

f_r = Kuat lentur beton (MPa)

P = Beban uji maksimum (N)

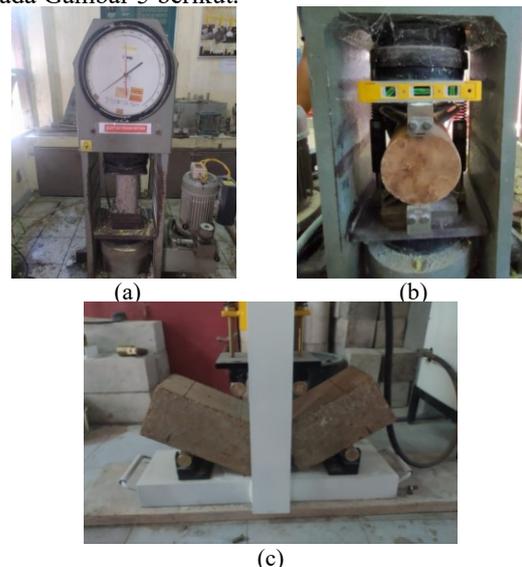
L = Jarak antara titik perletakan (mm)

b = Lebar patah arah horizontal (mm)

h = Lebar patah arah vertikal (mm)

a = Jarak rata-rata antara patahan dan perletakan yang terdekat, diukur pada 4 sudut patahan.

Pengujian beton yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

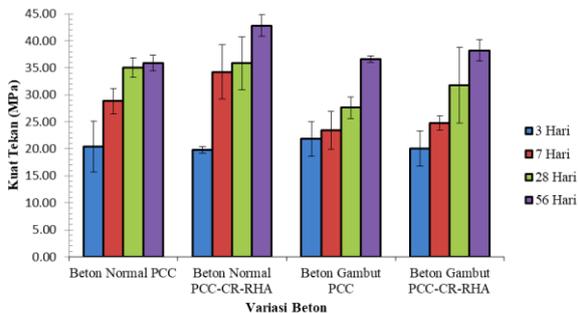


Gambar 5. Pengujian beton yang dilakukan, (a) kuat tekan, (b) kuat tarik belah, dan (c) kuat lentur

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada beton PCC dan beton PCC CR RHA dilakukan pada sampel beton berbentuk silinder dengan dimensi diameter 105 mm dan tinggi 210 mm dengan umur pengujian 3, 7, 28, dan 56 setelah beton direndam di air normal atau air gambut. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Gambar 6. Berdasarkan grafik hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa kedua jenis beton mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur pengujian, baik dalam kondisi perendaman air normal ataupun air gambut. Pada perendaman air normal, beton PCC dan PCC CR RHA memperoleh kuat tekan tertinggi pada umur perendaman 56 hari, dengan nilai kuat tekan 35,83 MPa dan 42,83 MPa. Selanjutnya, hasil pengujian kuat tekan benda uji rendaman air gambut menunjukkan kuat tekan tertinggi juga di umur beton 56 hari, dengan kuat tekan 36,63 untuk beton PCC dan 38,23 untuk beton PCC CR RHA.



Gambar 6. Hasil uji kuat tekan

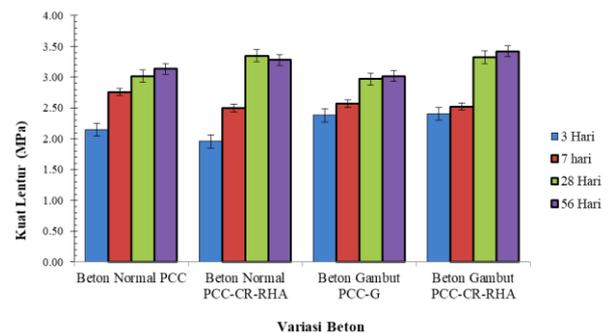
Secara umum dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa beton PCC CR RHA memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton PCC di setiap umur pengujian dan pada masing-masing variasi perendaman. Hal ini disebabkan oleh campuran *crumb rubber* dan abu sekam padi yang meningkatkan durabilitas beton di lingkungan asam. Selain itu juga, silika pada abu sekam padi berperan dalam menambah kekedapan dan kepadatan beton sehingga beton mengalami peningkatan kuat tekan.

Berdasarkan Gambar 6 dapat disimpulkan juga bahwa secara umum kuat tekan beton umur 3 hari yang dibuat menggunakan air gambut dan direndam dengan air gambut (PCC-G dan PCC-CR-RHA-G) lebih tinggi dibandingkan dengan dua variasi beton yang dibuat menggunakan air normal. Sedangkan pada umur 7 dan 28 hari perendaman, beton yang dibuat dan direndam menggunakan air normal memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton air gambut meski semua variasi mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan oleh reaksi yang dialami beton PCC mengalami gangguan akibat serangan asam air gambut baik dari dalam maupun luar beton karena air gambut berperan sebagai air pencampur dan juga perendaman, namun penggunaan air gambut sebagai air pencampur untuk beton masih dapat digunakan karena menghasilkan kuat tekan sekitar 90% dibandingkan kuat tekan rencana awal pada umur 28 hari [11].

Hasil penelitian oleh Ansyari et al (2017) yang mengkaji kinerja beton abu sawit dengan air gambut sebagai air pencampuran dan perawatan juga menunjukkan hasil yang serupa. Beton abu sawit yang menggunakan air normal memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan air gambut dikarenakan asam pada gambut yang mengganggu reaksi pozzolanik pembentukan gel CSH [4].

Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton PCC dan beton PCC CR RHA dilakukan pada umur pengujian 3, 7, 28, dan 56 hari setelah direndam di air normal atau air gambut. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan beban lateral. Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil uji kuat tarik

Berdasarkan grafik hasil pengujian tersebut dapat dilihat kedua variasi beton mengalami peningkatan kuat tarik belah seiring bertambahnya umur beton. Pada beton PCC dan PCC CR RHA yang menggunakan air normal sebagai pencampuran dan perawatan, kuat tarik belah pada umur awal memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan beton yang menggunakan air gambut sebagai pencampuran dan perawatan. Setelah melewati 7 hari, kuat tarik belah beton yang menggunakan air normal meningkat dan lebih tinggi dibandingkan beton air gambut. Hal ini disebabkan oleh reaksi asam pada gambut yang menyerang ikatan semen pada beton [10].

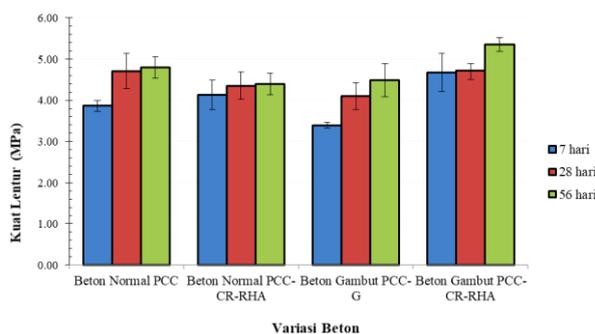
Secara umum variasi beton PCC CR RHA memiliki nilai kuat tarik belah yang lebih baik dibandingkan beton PCC, baik dalam kondisi menggunakan air normal ataupun air gambut. Peningkatan kuat tarik belah ini disebabkan oleh adanya *crumb rubber* pada beton PCC CR RHA yang bersifat lentur sehingga meningkatkan ketahanan beton dari beban lateral. Abu sekam padi pada beton PCC CR RHA juga berperan meningkatkan kepadatan dan kekuatan beton. Beton PCC dan PCC CR RHA di air normal mengalami kuat tarik belah tertingginya pada umur 56 dan 28 hari dengan nilai kuat tarik masing-masing 3,14 MPa dan 3,35 MPa. Sedangkan beton PCC dan PCC CR RHA di air gambut mengalami kuat tarik belah tertinggi pada umur pengujian 56 hari dengan nilai kuat tarik masing-masing 3,02 MPa dan 3,42 MPa. Dapat disimpulkan bahwa adanya *crumb rubber*

dan abu sekam padi pada beton meningkatkan kuat tarik belah dan ketahanan beton terhadap asam pada gambut.

Hasil pengujian oleh Ansyari et al (2017) pada kuat tarik belah beton yang menggunakan air gambut sebagai air pencampuran dan perawatan menunjukkan hasil yang sama dimana beton dengan tambahan silika memiliki kuat tarik belah yang lebih tinggi dibandingkan beton konvensional akibat dari reaksi pozzolanik yang memperkuat ikatan antara semen dan agregat [4].

Pengujian Kuat Lentur

Hasil uji kuat lentur pada masing-masing variasi beton yaitu, beton normal PCC, beton normal PCC-CR-RHA, beton gambut PCC-G dan beton gambut PCC-CR-RHA ditunjukkan oleh Gambar 8. Pengujian kuat lentur menggunakan sampel balok dengan dimensi 60x15x15 cm pada umur pengujian 7, 28, serta 56 hari menggunakan metode 2 titik pembebanan sesuai SNI 4431 (2011). Pengujian dilakukan menggunakan alat uji lentur mekanis dan listrik, hal ini dikarenakan pada saat penelitian berlangsung, alat uji lentur mekanis mengalami kerusakan sehingga sampel yang sudah mencapai umur perendaman diuji menggunakan alat pengganti yaitu alat uji listrik.



Gambar 8. Hasil uji kuat lentur

Gambar 8 memperlihatkan hasil uji kuat lentur masing-masing variasi beton pada setiap umur perawatan. Pada umur beton 7 hari, beton PCC-CR-RHA mempunyai kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan beton PCC baik dengan kondisi pencampuran dan perawatan menggunakan air biasa ataupun air gambut, dengan nilai kuat lentur 4,13 MPa dan 4,68 MPa. Seiring bertambahnya umur, seluruh beton mengalami kenaikan nilai yang disebabkan oleh reaksi hidrasi dan reaksi pozzolanik.

Pada umur 28 hari seluruh jenis beton mempunyai nilai kuat lentur lebih dari 4 MPa. Beton normal PCC pada umur 28 hari memiliki kuat lentur yang lebih baik dibandingkan beton gambut PCC. Hal ini dikarenakan gambut mulai menyerang ikatan semen agregat pada beton normal dan mengurangi kekuatan beton. Sebaliknya pada beton PCC CR RHA, beton tetap mengalami peningkatan kuat lentur yang signifikan dalam kondisi air gambut sebagai air pencampuran dan perawatan. Hal ini disebabkan oleh reaksi pozzolanik yang berlebih

dari PCC dan abu sekam padi mulai bekerja menghasilkan gel CSH untuk membuat beton memiliki resistensi lebih terhadap asam gambut [2].

Setelah mencapai umur 56 hari, beton gambut PCC-CR-RHA menunjukkan hasil kuat lentur mencapai 5.36 MPa yang berarti merupakan nilai kuat lentur tertinggi apabila dibandingkan variasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses reaksi *pozzolan* di semen PCC dan abu sekam padi berjalan dengan baik, sedangkan kuat lentur tinggi disebabkan oleh adanya *crumb rubber* yang menjadi serat di beton sehingga dapat memperlambat keruntuhan beton sesudah terjadi retakan yang berasal dari pembebanan.

Menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, beton PCC-CR-RHA mempunyai nilai kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan beton PCC pada setiap umur pengujian dengan selisih 6,68% di umur 28 hari [8]. Penelitian oleh Yilmaz & Degimenci (2009) serta Habeeb & Fayyadh (2009) juga memperlihatkan bahwa beton dengan penambahan *crumb rubber* dan silika memiliki kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton konvensional [3, 7].

Dibandingkan dengan peningkatan kuat tarik belah akibat adanya tambahan *crumb rubber* dan abu sekam, peningkatan yang dialami oleh benda uji kuat lentur diperoleh lebih signifikan. Hal ini disebabkan pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah, beton diberikan beban yang bersifat merata sehingga ketahanan beton ditentukan berdasarkan ikatan antar semen dan agregat di dalamnya. Pada studi kasus, *crumb rubber* memiliki permukaan lebih licin sehingga menyebabkan ikatan antar semen dan agregat menjadi berkurang, dan sifatnya yang elastis membuat beton sulit dipadatkan. Sedangkan pada pengujian kuat lentur balok beton diberi beban terpusat dan *crumb rubber* berperilaku seperti tulangan dalam beton yang mencegah terjadinya runtuh segera pada beton ketika mengalami retakan awal akibat pembebanan [23].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji karakteristik beton dengan campuran *crumb rubber* dan abu sekam padi dengan air gambut sebagai air pencampuran dan air perawatan. Beton dirancang dengan mutu rencana 35 MPa, dengan penambahan 5% *crumb rubber* dari volume agregat halus dan 10% abu sekam padi dari volume semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton PCC CR RHA memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton PCC di setiap umur pengujian dan pada masing-masing variasi perendaman, dengan peningkatan kuat tekan sebesar 2,29% di rendaman air normal dan 15,22% di rendaman air gambut umur beton 28 hari. Selain itu, beton PCC CR RHA mengalami penurunan kuat tekan yang lebih rendah akibat pengaruh rendaman air gambut dibandingkan beton PCC, yaitu sebesar 11,17%. Nilai ini lebih rendah jika dibandingkan

penurunan kekuatan beton PCC akibat rendaman air gambut, yaitu 21,14%. Berdasarkan persentase tersebut dapat dilihat bahwa beton PCC CR-RHA memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan beton PCC pada perendaman air gambut. Hal ini disebabkan oleh campuran *crumb rubber* dan abu sekam padi yang meningkatkan durabilitas beton di lingkungan asam. Selain itu juga, silika pada abu sekam padi berperan dalam menambah kekedapan dan kepadatan beton.

Pengujian kuat tarik belah menunjukkan hasil yang searah dengan hasil pengujian kuat tekan. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa beton PCC CR RHA juga memiliki kuat tarik belah yang lebih tinggi dibandingkan beton PCC di setiap umur pengujian dan variasi perendaman, dengan peningkatan kuat tekan sebesar 10,94% di rendaman air normal dan 11,90% di rendaman air gambut umur beton 28 hari. Selain itu, penurunan kuat tarik belah akibat air gambut pada beton PCC CR RHA juga lebih rendah dibandingkan beton PCC, yaitu sebesar 0,7%. Nilai ini lebih rendah jika dibandingkan penurunan kekuatan beton PCC akibat rendaman air gambut, yaitu 1,56%. Hasil yang searah antara kuat tekan dan kuat tarik belah disebabkan oleh karakteristik pengujian yang sama yaitu ketahanan beton terhadap beban merata yang diberikan secara tegak lurus benda uji sehingga nilai kekuatan beton dipengaruhi oleh faktor yang sama yaitu ikatan antar agregat dalam beton yang mencegah terjadinya keruntuhan getas.

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur diperoleh bahwa Beton normal PCC pada umur 28 hari memiliki kuat lentur yang lebih baik dibandingkan beton gambut PCC. Hal ini dikarenakan gambut mulai menyerang ikatan semen agregat pada beton normal dan mengurangi kekuatan beton hingga 12,92% pada umur beton 28 hari. Sebaliknya pada beton PCC CR RHA, beton tetap mengalami peningkatan kuat lentur sebesar 8,57% dalam kondisi air gambut sebagai air pencampuran dan perawatan. Hal ini disebabkan oleh reaksi pozzolanik yang berlebih dari PCC dan abu sekam padi bekerja menghasilkan gel CSH untuk membuat beton memiliki resistensi lebih terhadap asam gambut dan adanya *crumb rubber* yang menjadi serat di beton sehingga dapat memperlambat keruntuhan beton sesudah terjadi retakan yang berasal dari pembebanan. Melalui hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan adanya peningkatan daya tahan beton PCC CR RHA terhadap asam pada gambut diharapkan beton dengan campuran *crumb rubber* dan abu sekam padi tersebut dapat diaplikasikan sebagai material konstruksi di daerah yang terpapar langsung oleh asam gambut seperti kanal dan perkerasan kaku.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ACI Comitte, 2016, *201.2R-16 Guide to Durable Concrete*, Technical Documents.
- [2] A. S. Muntohar and R. Hashim, Silica Waste Utilization in Ground Improvement: A Study of Expansive Soil Treated with LRHA, *4th International Conference on Environmental Geotechnics (ICEG)*, 2002.
- [3] A. Yilmaz, and N. Degirmenci, Possibility of using waste tire rubber and fly ash with Portland cement as construction materials, *Waste Management*, Vol. 29, No. 5, 1541-1546, 2009.
- [4] B. Ansyari, Ismeddiyanto, and M. Olivia, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton OPC dan OPC POFA dengan Air Gambut sebagai Air Pencampur dan Air Perendaman. *JOM FTEKNIK*, Vol. 4, No. 2, Oktober 2017.
- [5] BPS, 2016, *Provinsi Riau dalam Angka*. Pekanbaru: Badan Pusat Statistik Provinsi Riau.
- [6] Bui, D. D., 2001, *Rice Husk Ash As Mineral Admixture For High Performance Concrete*. Nghe an: DUP Science.
- [7] G. A. Habeeb, and M. M. Fayyadh, Rice Husk Ash Concrete: the Effect of RHA Average Particle Size on Mechanical Properties and Drying Shrinkage, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 3, 1616-1622, 2009.
- [8] H. Abdurrahman, G. Wibisono, M. Qoryati, I. R. Sitompul, and M. Olivia, Mechanical properties of crumb rubber-rice husk ash concrete as a rigid pavement material, *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, vol. 615, no. 1, 2019.
- [9] Kusnaedi, 2006, *Mengolah Air Gambut & Air Kotor Untuk Air Minum*, Jakarta: Penebar Swadaya.
- [10] M. Ednor, M. Olivia, and I. R. Sitompul, Kuat Tekan Dan Perubahan Berat Mortar Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*) Di Lingkungan Air Gambut, *JOM FTEKNIK*, Vol. 4, No.1, Februari 2017
- [11] M. L. Fadillah, Ismeddiyanto, and Monita Olivia, Densitas, Nilai Slump, dan Kuat Tekan Beton OPC dan OPC POFA dengan Campuran Air Gambut Terpapar di Lingkungan Gambut. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol. 4, no. 2, pp. 1-9, October 2017.
- [12] Monteny, J., Vincke, E., Beeldens, A., Belie, N. D., Taerwe, L., Gemert, D. V., Chemical, Microbiological, and In Situ Test Methods for Biogenic Sulfuric Acid Corrosion of Concrete, *Cement and Concrete Research* 30, 623-634, 2000.
- [13] M. R. Alfadh, A. Kamaldi, and M. Olivia, Nilai Slump, Porositas Dan Kuat Tekan Beton Opc Dan Opc Rha Untuk Aplikasi Di Lingkungan Gambut, *JOM FTEKNIK*, Vol. 5, No. 1, April 2018
- [14] Mulyono, T., 2005, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.

- [15] N. Nastain and A. Maryoto, Pemanfaatan Pemotogan Ban Bekas Untuk Campuran Beton Serat Perkerasan Kaku, *Dinamika Rekayasa*, vol. 6, no 1, 2010.
- [16] Nugraha, P., and Antoni, 2007, *Teknologi Beton; dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Yogyakarta: ANDI Offset.
- [17] P. Chindaprasirt, and S. Rukzon, Strength, Porosity and Corrosion Resistance of Ternary Blend Portland Cement, Rice Husk Ash and Fly Ash Mortar, *Construction and Building Materials*, Vol. 22, No. 8, pp. 1601-1606, 2008.
- [18] S. Yang, R. Lohnes, and B. Kjartanson, Mechanical Properties of Shredded Tires, *Geotechnical Testing Journal*, 44-52, 2002.
- [19] SNI 1974, 2011, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [20] SNI 2491, 2014, *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [21] SNI 4431, 2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [22] T. Edeskar, 2006, *Use of Tyre Shreds in Civil Engineering Applications*, Thesis: Lulea University of Technology.
- [23] T. Gupta, S. Chaudhary, and R. K. Sharma, Assessment of mechanical and durability properties of concrete containing waste rubber tire as fine aggregate. *Construction and Building Materials*, Vol. 73, 562-574, 2014.
- [24] U. Hutapea, M. Olivia, and I. R. Sitompul, Ketahanan Mortar di Lingkungan Asam Dengan Berbagai Tipe Semen, *JOM FT UNRI*, vol. 1, no. 2, pp. 1-14, 2014.