

KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON SEMEN OPC, PCC, DAN OPC POFA DI LINGKUNGAN GAMBUT

Tomy Pradana¹⁾, Monita Olivia²⁾, Iskandar Romey Sitompul³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

³⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : tomy_pradana22@yahoo.com

Abstract

This research study the compressive strength and porosity of concrete OPC cement, concrete PCC cement, and concrete with made by combine of OPC+10% palm oil fuel ash (POFA) cement. The specimens cured in distilled water for 28 days. Then specimens were immersed in peat environment until 28 days. This research result show there was an increase of compression strength of the concrete with made combine of OPC+10% palm oil fuel ash (POFA) cement and concrete PCC cement after 28 days immersed in peat environment. The percentage of porosity for of concrete OPC cement immersed in peat environment increased compared to the specimens immersed in distilled water. For concrete with combine of OPC+10% palm oil fuel ash (POFA) cement and concrete PCC cement decreased after immersed in peat environment. The test result revealed that durability of OPC+10%POFA concrete and PCC concrete in peat environment the well of OPC concrete.

Keywords: OPC, PCC, palm oil fuel ash(POFA), peat area

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar belakang

Beton merupakan bahan konstruksi yang paling sering digunakan dalam struktur bangunan. Beton dipilih karena kemudahan dalam pengerjaannya, bisa dibentuk sesuai yang dikehendaki, bahan dasar yang mudah diperoleh, mampu menerima beban tekan dengan baik, dan mudah dalam perawatan. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, agregat dan kadang-kadang ditambahkan bahan kimia, bahan non kimia, serat dengan perbandingan tertentu. Banyak penelitian yang dilakukan untuk mengurangi pemakaian semen pada beton namun tidak menghilangkan sifat dari karakteristik beton tersebut. Upaya yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan limbah padat hasil pengolahan tandan buah kelapa sawit yang berupa abu yang sampai sekarang belum termanfaatkan secara baik.

Provinsi Riau memiliki 4.360.740 hektar luas lahan gambut yang tersebar di 12 kabupaten/kota yang didominasi oleh gambut alam dan sangat dalam, yaitu

mencapai luasan 3.275.420 hektar atau 75% dari total luasan gambut yang tersebar merata hampir di seluruh rawa gambut. Sedangkan 25% dari total luasan gambut, tersebar di daerah pantai dan tanggul-tanggul sungai. Air yang berada pada lahan gambut tersebut dikenal dengan air gambut. Air gambut yang terdapat pada lahan gambut Provinsi Riau memiliki tingkat keasaman (pH) yang rendah, yang mengakibatkan air tersebut bersifat asam (Ashari, 2011).

Penggunaan beton seperti pondasi tiang pancang, saluran drainase, dan konstruksi beton lainnya yang berhubungan langsung dengan lingkungan asam seperti air gambut di Provinsi Riau semakin banyak. Lingkungan asam akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanis beton. Serangan asam membuat pasta semen mengalami korosi sehingga dapat menimbulkan ekspansi, retak, dan kehancuran pada beton (Yusuf, 2013).

Pendiangan (2013) mengkaji sifat fisik dan mekanik beton mutu tinggi di lingkungan asam. Sifat fisik dan mekanik yang ditinjau meliputi kuat tekan beton, porositas, permeabilitas dan penetrasi asam. Air gambut yang memiliki tingkat keasaman (pH) antara 4,00-5,00 ternyata meningkatkan kuat tekan beton pada umur 7 hari dan menurun pada umur 28 hari dan 91 hari. Hasil penelitian Hutapea (2014) meninjau sifat fisik dan mekanik mortar di lingkungan asam dengan menggunakan berbagai tipe semen. Kuat tekan mortar dengan penambahan abu sawit pada semen OPC lebih tinggi dari mortar normal. Namun penulis belum menemukan penelitian menggunakan beton dengan berbagai tipe semen yang diaplikasikan langsung di lingkungan gambut.

A.2 Tujuan

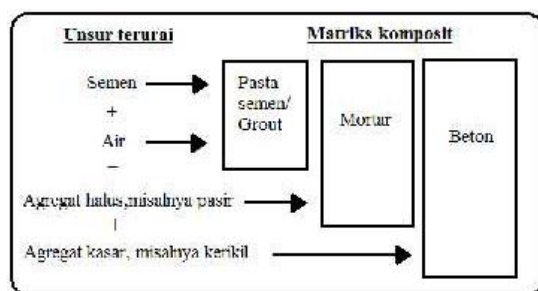
Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji kuat tekan beton yang menggunakan semen OPC, semen PCC dan campuran semen OPC dan abu sawit (POFA) setelah perendaman di lingkungan gambut pada umur 28 hari.
2. Mengkaji porositas beton yang menggunakan semen OPC, semen PCC dan semen campuran OPC dan abu sawit (POFA) setelah perendaman 28 hari di lingkungan gambut.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Definisi Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.



Gambar 1. Unsur-unsur Pembentuk Beton

Sumber : Nugraha dan Antoni (2007)

Sebagai material yang komposit, sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur serta interaksi antar penyusunnya.

B.2 Bahan Penyusun Beton

B.3.1 Semen

Semen berasal dari bahasa latin “*Caementum*” yang berarti bahan perekat. Semen merupakan senyawa atau zat pengikat hidrolis yang terdiri dari senyawa C-S-H (Kalsium Silikat Hidrat) yang apabila bereaksi dengan air akan meningkat bahan-bahan padat lainnya, membentuk satu kesatuan massa yang kompak, padat dan kets. Ketika semen dicampur dengan air, timbullah reaksi antara campuran-campurannya dengan air. Pada tingkat awal, sejumlah kecil dari gyps cepat terlarut, dan dapat berpengaruh terhadap reaksi-reaksi kimia lain yang sedang mulai.

Tabel 1. Komposisi Kimia dan Fisik Semen OPC dan PCC

Komposisi (%)	OPC	PCC
Al_2O_3	5,49	7,40
CaO	65,21	57,38
SiO_2	20,92	23,04
Fe_2O_3	3,78	3,36
Kehalusan	4,00	2,00
Berat isi (kg/l)	1,29	1,15

Sumber: Alit, 2009

Ordinary Portland Cement (OPC) juga dikenal dengan portland tipe I, merupakan perekat hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan klinker yang terdiri dari oksida-oksida kapur (CaO), silikat (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3). *Portland Composite Cement* (PCC) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur,

dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen (SNI 15-7964-2004).

B.3.2 Agregat

Agregat menempati 70-75% dari total volume beton, maka kualitas agregat sangat mempengaruhi kualitas dari beton yang dihasilkan. Dengan agregat yang baik, beton mudah dikerjakan, kuat, tahan lama (*durable*), dan ekonomis. Secara ukuran agregat dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu agregat halus dan agregat kasar.

B.3.3 Air

Secara umum air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton. Sebaiknya air yang dipakai adalah air tawar yang dapat diminum (Mulyono, 2003).

B.3.4 Mineral Tambahan

Mineral tambahan adalah bahan lain selain air, agregat, dan semen hidrolik yang ditambahkan ke campuran beton sebelum atau selama proses pencampuran. Penggunaan mineral tambahan ini memberikan efek tertentu pada campuran beton termasuk peningkatan mutu, percepatan atau memperlambat *setting time*, meningkatkan ketahanan terhadap serangan sulfat, dan meningkatkan *workability*.

B.2 Abu Sawit (*palm oil fuel ash*)

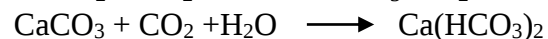
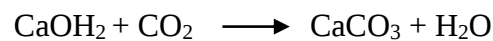
Abu sawit atau (*palm oil fuel ash*) merupakan limbah dari industri pengolahan kelapa sawit, yaitu sisa dari pembakaran cangkang dan serabut buah kelapa sawit didalam dapur atau tungku pembakaran yang disebut boiler dengan suhu 700°C- 800°C. Abu sawit mempunyai kandungan silika sehingga banyak penelitian terdahulu yang menjadikan abu sawit sebagai pozzolan.

Berdasarkan pengamatan secara visual, karakteristik yang dimiliki abu sawit di antaranya sebagai berikut: bentuk

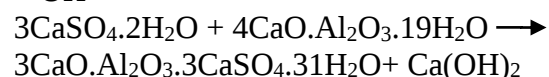
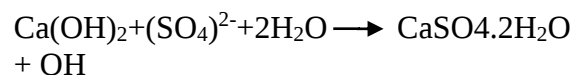
partikel abu sawit tidak beraturan, ada yang memiliki butiran bulat panjang, bulat dan bersegi dengan ukuran butiran 0-2,3 mm serta memiliki warna abu-abu kehitaman (Mangara, 2005). Penelitian Tangchirapat *et al.*, (2006) dan Sata (2004) menjelaskan bahwa partikel abu sawit memiliki ukuran yang besar dan tekstur yang porous. Gambar ini juga menjelaskan partikel abu sawit memiliki bentuk yang tidak beraturan.

B.3 Lingkungan Gambut

Kerusakan beton maupun mortar di lingkungan gambut yang mengandung asam, terjadi karena ada dua reaksi utama yang memelopori kerusakan.



Pembentukan kalsium karbonat (CaCO_3) sebenarnya tidak menimbulkan kerusakan beton, tetapi proses berikutnya dimana kalsium karbonat (CaCO_3) akan bereaksi lagi dengan karbondioksida (CO_2) yang ada dalam air menghasilkan kalsium bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) yang larut dalam air.



Reaksi kedua adalah, apabila kalsium silikat hidrat (CSH) dan kalsium aluminat hidrat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) bereaksi dengan ion-ion asam maka akan menghasilkan gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan *calcium sulphoaluminate* ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$) 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 (Goyal *et al*, 2008; Kasih, 2011).

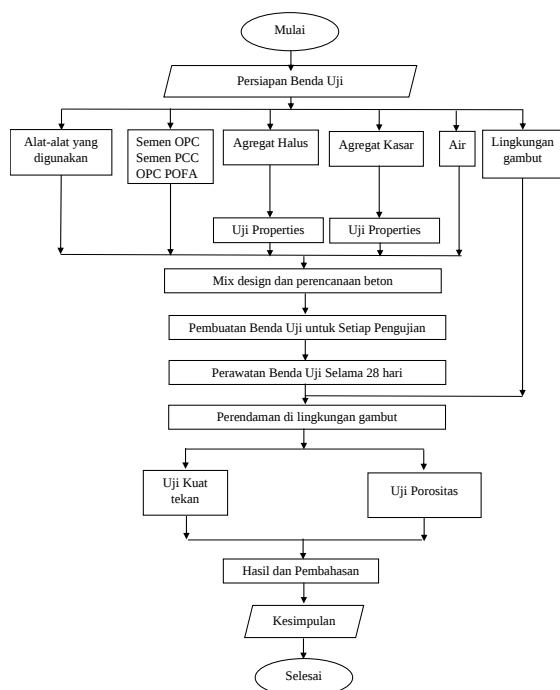
C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan material terdiri dari pemeriksaan karakteristik agregat kasar, agregat halus, dan komposisi kimia abu sawit (*palm oil fuel ash*). Pemeriksaan agregat kasar dan halus terdiri dari analisa saringan, kadar air, berat jenis, berat volume, abrasi los angeles, kadar lumpur dan kadar organik. Pemeriksaan komposisi kimia abu sawit (*palm oil fuel ash*) dilakukan dengan mengirim sebagian sampel ke Laboratorium Sumber Daya Geologi Bandung.

C.2 Flowchart Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan yang telah dijelaskan diatas, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Bagan Alir (*flowchart*) Metodologi Penelitian

C.3 Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian beton sesuai umur rencana 28 hari setelah perendaman di lingkungan gambut. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan, dan porositas beton.

C.3.1 Tahap Pengujian Kuat Tekan

Menentukan kekuatan tekan beton dilakukan dengan prosedur berikut:

- Mengambil benda uji dari bak perendaman kemudian mengeringkannya selama ± 24 jam.
- Benda uji yang telah diberi *capping* (lapisan belerang) pada permukaan beton agar permukaannya rata.
- Menimbang benda uji.
- Meletakkan benda uji dengan posisi tegak pada kerangka alat uji tekan (*Compression Test Machine*).
- Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur.
- Mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian.
- Menghitung kuat tekan beton dihitung yaitu beban maksimum persatuan luas permukaan silinder.



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan
Sumber : Data Penelitian

C.3.2 Tahap Pengujian Porositas

Prosedur pengujian untuk mengetahui porositas adalah sebagai berikut:

- Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman.
- Mengeringkan benda uji dengan oven pada suhu $100-110^{\circ}\text{C}$ selama tidak kurang dari 24 jam, biarkan dingin diudara kering (sebaiknya dalam

- desikator) sampai suhu 20-25°C lalu menghitung masa kering oven sebagai W_1 .
3. Melakukan perendaman dalam air kira-kira 21°C selama tidak kurang dari 48 jam.
 4. Setelah masa perendaman 48 jam, maka permukaan benda uji dikeringkan dengan handuk agar menghilangkan kelembaban permukaan, lalu menentukan massa jenuh setelah perendaman sebagai W_2 .
 5. Setelah penimbangan massa jenuh, lalu dengan menggunkan penggantung kawat menghitung massa sebenarnya dalam air sebagai W_3 .

D. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisis Karakteristik Abu Sawit

Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan abu sawit ke Laboratorium Pengembangan Sumber Daya Geologi, Bandung. Abu sawit yang diuji adalah 100% lolos saringan No. 200.

Tabel 2. Karakteristik Abu Sawit

Parameter	Hasil	
SiO ₂	64,36	%
Al ₂ O ₃	4,36	%
Fe ₂ O ₃	3,41	%
MgO	4,58	%
CaO	7,92	%
K ₂ O	5,57	%
TiO ₂	0,87	%
MnO	0,1	%
P ₂ O ₅	3,64	%
SO ₃	0,04	%
Cu	46	Ppm
Zn	60	Ppm
H ₂ O ⁻	0,59	%
HD	4,97	%

Sumber: Laboratorium Pengembangan Sumber Daya Geologi, Bandung

Pemeriksaan komposisi abu sawit (*palm oil fuel ash*) dilakukan untuk mengetahui kadar senyawa pozzolanik yang terkandung dalam abu sawit yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton.

Dari Tabel 2 diketahui bahwa abu sawit PT. PKS Lubuk Raja, Sorek, Riau sebagian besar tersusun atas Silikon Dioksida (SiO₂) sebesar 64,36% disusul dengan Aluminium Oksida (Al₂O₃) sebesar 4,36%. Berdasarkan Tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa jumlah kandungan SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ lebih dari 70%. Menurut (Saifuddin, 2010) abu sawit (*palm oil fuel ash*) jenis ini digolongkan kedalam bahan pozzolan tipe F.

D.2 Analisis Propertis Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat kasar dan halus yang akan di pakai dalam campuran beton. Agregat ini diperoleh dari Air Hitam, Pekanbaru .

Tabel 3. Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar spesifikasi
1	Berat jenis (gr/cm ³)		
	a. <i>Apparent spesific gravity</i>	2,70	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk spesific gravity on dry</i>	2,59	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk spesific gravity on SSD</i>	2,63	2,58 - 2,83
	d. <i>Absorption (%)</i>	1,63	2 - 7
2	Kadar air (%)	0,91	3 - 5
3	Modulus kehalusan	6,95	5 - 8
4.	Kausan (%)	29,82	< 40
5	Berat Volume		
	a. Kondisi padat	1,55	1,40– 1,90
	b. Kondisi gembur	1,40	1,40 –1,90

Sumber : Data Penelitian

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa agregat kasar yang digunakan

dalam penelitian ini memiliki gradasi dengan ukuran butiran maksimum 38 mm. Apabila butiran agregat memiliki ukuran yang sama volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi sedikit dan akan membutuhkan bahan pengikat yang sedikit. Sedangkan modulus kehalusan butiran adalah 6,95, dan masuk dalam standar spesifikasi agregat kasar yaitu 5-8. Berdasarkan pengujian berat jenis didapat berat jenis agregat quarry Air hitam, Pekanbaru masih masuk dalam standar spesifikasi agregat halus 2,58-2,83.

Hasil pemeriksaan agregat (*absorption*) 1,63 %. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi penyerapan agregat yaitu 2-7 %. Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar didapat bahwa volume agregat kasar yaitu 1,55 gr/cm³ untuk kondisi padat dan 1,40 gr/cm³ untuk kondisi gembur. Hasil analisa berat volume agregat halus ini memenuhi standar spesifikasi berat volume 1,40-1,90 gr/cm³. Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar ini tidak memenuhi standar spesifikasi yaitu 0,91 % dengan rentang 3-5 %..Hasil pemeriksaan ketahanan agregat dengan mesin *Los Angeles* adalah gradasi B dengan ketahanan agregat sebesar 29,82 %. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi ketahanan aus agregat yaitu < 40 %.

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini masuk dalam spesifikasi daerah II yaitu pasir agak kasar. Sedangkan modulus kehalusan butiran adalah 2,91, masih masuk dalam *finesess modulus* agregat halus yaitu 1,5. Berdasarkan pengujian berat jenis didapat berat jenis agregat Quarry Air hitam, Pekanbaru masih masuk dalam standar spesifikasi agregat halus 2,58-2,83. Apabila berat jenis agregat tinggi, maka menghasilkan berat jenis beton yang tinggi dan memiliki kuat tekan yang tinggi pula. Hasil pemeriksaan agregat (*absorption*)

1,42 %. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi penyerapan agregat yaitu 2-7 %.

Tabel 4. Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar spesifikasi
1	Berat jenis (gr/cm ³)		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,74	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,64	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,67	2,58 - 2,83
	d. <i>Absorption (%)</i>	1,42	2 - 7
2	Kadar air (%)	0,60	3 - 5
3	Modulus kehalusan	2,91	1,5 - 3,8
4	Berat Volume		
	a. Kondisi padat	1,71	1,40 - 1,90
	b. Kondisi gembur	1,52	1,40 - 1,90
5	Kadar lumpur	8,23	< 5
6	Kadar organik	No. 2	< No. 3

Sumber : Data Penelitian

Hasil pemeriksaan berat volume agregat halus didapat bahwa volume agregat halus yaitu 1,71 gr/cm³ untuk kondisi padat dan 1,52 gr/cm³ untuk kondisi gembur. Hasil analisa berat volume agregat halus ini memenuhi standar spesifikasi berat volume 1,40-1,90 gr/cm³. Kepadatan agregat menyebabkan volume pori beton kecil dan kekuatannya bertambah. Kadar lumpur atau kotoran agregat halus quarry air hitam, Pekanbaru tidak memenuhi standar spesifikasi yaitu 8,23 % sedangkan standarnnya < 5 %. Pemeriksaan kadar air yang dilakukan, diketahui bahwa kadar air agregat halus quarry air hitam, Pekanbaru yaitu 0,60 %.

Hasil pengujian kadar air agregat halus ini tidak memenuhi standar spesifikasi 3-5 %. Dengan demikian perlu penambahan atau pengurangan air dalam campuran beton. Hasil pemeriksaan kadar

organik yang diperoleh adalah warna No.2. Warna ini memenuhi standar spesifikasi kadar organik agregat halus yaitu < No.3. Hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan kadar organik yang terkandung tidak tinggi sehingga bagus untuk campuran beton.

D.3 Hasil Pengujian Beton

D.3.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur rendaman 28 hari setelah di rendam dilingkungan. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian kuat tekan ini dilakukan untuk semua tipe semen. Pada penelitian ini, sebelum benda uji di masukkan di lingkungan gambut, terlebih dahulu benda uji di rendam di air biasa selama 28 hari. Setelah perawatan selama 28 hari selesai, lalu benda uji dimasukkan ke lingkungan gambut. Perawatan 28 hari ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi beton semen OPC, beton semen OPC+10%POFA, dan beton semen PCC matang dan kuat tekan pada 28 hari ini menjadi kuat tekan hari ke 0.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan 28 hari di air biasa

No	Jenis Beton	Berat (kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	Beton OPC	4,73	37,35
2	Beton OPC+10%POFA	4,73	32,26
3	Beton PCC	4,12	34,38

Sumber : Data Penelitian

Berdasarkan hasil uji tekan (Tabel 5) dapat diketahui bahwa beton semen OPC memiliki kuat tekan lebih tinggi dari beton semen PCC dan beton campuran 10% abu sawit setelah perendaman 28 hari di air biasa. Menurut (Tangchirapat et al, 2006) lamanya pembentukan CSH pada beton semen PCC dan beton semen OPC+10%POFA disebabkan lambat nya

reaksi pozzolanik yang terkandung pada semen PCC dan abu sawit (*palm oil fuel ash*). Abu sawit ini juga akan mengurangi daya ikat beton pada batas waktu tertentu. Perbandingan CaO dan SiO₂ pada kristal juga bermacam-macam dan berpengaruh pada kecepatan pembentukan dan kekuatan beton .

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton semen PCC dan beton semen OPC+10%POFA meningkat setelah perendaman 28 hari di lingkungan gambut. Penggantian semen portland dengan 10% abu abu sawit meningkatkan kuat tekan beton. peningkatan kuat tekan beton abu sawit dan beton semen PCC karena sifat pembentukan kalsium silikat hidrat memberi kekuatan yang sangat lambat.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan 28 hari di Lingkungan Gambut

No	Jenis Beton	Berat (kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	Beton OPC	4,88	35,23
2	Beton OPC+10%POFA	4,73	34,80
3	Beton PCC	3,98	35,44

Sumber : Data Penelitian

Penurunan kuat tekan beton semen OPC terjadi karena reaksi antara asam dan pasta semen (Ca(OH)₂). Pelepasan partikel-partikel beton terutama semen mengakibatkan ikatan antara agregat berkurang dan kuat tekan beton pun menurun.

D.3.2 Pengujian Porositas

Porositas adalah besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau air yang saling berhubungan dan dinamakan kapiler beton. kapiler beton akan tetap ada

walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan hal ini memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan beton. Pada penelitian ini, kubus dengan tinggi 10 cm, lebar 10 cm, dan panjang 10 cm sebagai benda uji.

Tabel 7. Hasil Pengujian Porositas 28 hari di air biasa

No	Jenis Beton	Porositas (%)
1	Beton OPC	11,08
2	Beton OPC+10%POFA	14,17
3	Beton PCC	10,13

Sumber : Data Penelitian

Pengujian porositas beton dilakukan untuk mengetahui persentasi pori pada beton setelah perendaman 28 hari di air biasa dan setelah perendaman 28 hari di lingkungan gambut. Berdasarkan Tabel 7 porositas beton semen PCC lebih rendah dari beton semen OPC+10%POFA dan beton semen OPC setelah perendaman 28 hari di air biasa. Daya ikat semen yang semakin kecil ini disebabkan karena kapur yang tinggi akan mempersulit dalam proses hidrasi.

Tabel 8. Hasil Pengujian Porositas 28 hari di Lingkungan Gambut

No	Jenis Beton	Porositas (%)
1	Beton OPC	11,13
2	Beton OPC+10%POFA	12,52
3	Beton PCC	9,74

Sumber : Data Penelitian

Setelah perendaman di lingkungan gambut (Tabel 8) persentase porositas beton semen PCC juga lebih rendah dibandingkan beton semen OPC dan beton semen OPC+10%POFA. Porositas beton semen PCC lebih rendah karena pozzolan, senyawa silikat dan batu kapur yang terkandung dalam semen membuat beton semen PCC ini lebih kedap.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

1. Penggantian semen dengan 10%POFA pada beton meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari setelah perendaman di lingkungan gambut.
2. Hasil pengujian porositas beton semen OPC+10% POFA menunjukkan nilai porositas yang tinggi dari beton semen OPC dan beton semen PCC.
3. Nilai kuat tekan berbanding lurus dengan nilai porositas beton yang dihasilkan

E.2 Saran

1. Agregat yang digunakan perlu dijaga kualitasnya agar pada saat pengujian karakteristik agregat, nilai-nilai karakteristiknya sesuai standar spesifikasi yang telah ditetapkan.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan air gambut sebagai campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M.H. 2008. *Compression Strength Of Palm Oil Fuel Ash*. Malaysia: Universiti Tun Hussein Onn.
- Alid, I Made. 2009. Pengaruh jenis agregat kasar terhadap kuat tekan beton. Bali. Jurnal Teknologi dan kejuruan; Vol 32 universitas Udayana.
- American Standard Test Material (ASTM). 1994. *Annual Books Of ASTM Standard*. Philidelphia: ASTM.

- Ashari, Frangky.2012. Variasi Ketebalan Lapisan dan Ukuran Butiran Media Penyaringan pada Biosand Filter untuk Pengelolaan Air Gambut. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- ASTM C267. 2006. *Standard Test Methods For Chemical Resistance Of Mortars, Grouts, And Monolite Surfacing And Polymer Concrete*. United States: ASTM.
- ASTM C469. 2002. *Standart Test Method For Static Modulus Of Elasticity And Poisson's Ratio Of Concrete In Compression*. United State:ASTM
- ASTM C642. 2006. *Standard Test Methods Density, Absorption, And Void In Hardened Concrete*. United States: ASTM.
- Goyal, Shweta. 2008. *Resistance Of Mineral Admixture Cincrete And Cement To Acid Attack*. India: Thapar University.
- Hindarko. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- Hutapea, Uli Arta. 2014. Ketahanan mortar dilingkungan asam dengan berbagai tipe semen. Pekanbaru: Tugas Akhir mahasiswa Universitas Riau.
- Kasih, Ranti Yulia. 2012. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen PCC Dengan Penambahan Dalam Asam Sulfat Dan Analisis Larutan Rendaman Mortar. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Mangara, R. 2005. Pembuatan batako pozzolan dari limbah abu terbang boiler industri sawit. Skripsi Jurusan Teknik Kimia-D3. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Mulyono, Tri. 2005. *Tekhnologi Beton*. Yogyakarta: ANDI
- Nugraha, P, dan Antoni. 2007. *Tekhnologi beton*. Surabaya. Andi Offset.
- Olivia, Monita. 2005. Pemanfaatan Abu Sawit Sebagai Bahan Tambah Pada Beton. Pekanbaru: Jurnal Sains dan Teknologi, Vol 4 No.1 Maret 2005: 10-15.
- Pendiangan, Jaya Alexander. 2013. Ketahan Beton Mutu tinggi dilingkungan asam. Pekanbaru: Tugas Akhir mahasiswa Universitas Riau.
- Saifuddin , Salam A, Jumaat Zamin. 2010. *Utilization Of Palm Oil Fuel Ash In Concrete*. Department Of Civil And Environment Engineering Faculty Of Engineering. Malaysia
- Sata, V., Jaturapitakkul, C., & Kiattikomol, K. (2004). *Utilization of Palm Oil Fuel Ash in High-Strength Concrete*.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* . Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1968-1991. 1991. *Metode Pengujian Tentang Analisis Sarungan Agregat Halus Dan Kasar*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1969-1991. (1991). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1991. (1991). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*. Bandung: Badan Standarisai Nasional.
- SNI 03-1971-1991. (1991). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1991. 1991. *Metode Pungujian Kuat Tekan Beton*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2417-1991. 1991. *Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Tangchirapat, W., Saeting, Jaturapitakkuul, Kiattikolol K. 2006. *Evaluation Of Sulfate Resistance Of Concrete Containing Palm Oil Fuel Ash*. Thailand. Departement Of Civil Engineering, King Mongkut's

University Of Technology Thonburi,
Bangmod, Tungkru, Bangkok.
Yusuf, Yulizar. 2013. Pengaruh
Penambahan Abu Terbang (Fly Ash)
Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen
PCC Serta Analisis Air Laut Yang
Digunakan Untuk Perendaman.
Lampung. Universitas Lampung.