

KUAT TEKAN DAN PERUBAHAN BERAT BETON OPC DAN OPC POFA DENGAN MENGGUNAKAN AIR GAMBUT SEBAGAI AIR PENCAMPUR DI LAHAN GAMBUT

Gustina Gultom¹⁾, Ismediyanto²⁾, Monita Olivia²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1, ²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil
Laboratorium Teknologi Bahan Teknik Sipil Universitas Riau
Program Studi Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. H.R. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Tampan
Pekanbaru, 28293

Email: gustinagultom@gmail.com

ABSTRACT

This research study the compressive strength and mass loss of OPC concrete and concrete combine of OPC +10% palm oil fuel ash (POFA). The specimens cured in peat environment until 28 days. Compressive strength of concrete OPC G higher than OPC POFA G because reaction of pozzolanic make slowly calcium silicat. Weight changes showed OPC G until 28 days increased because acid can make expantions so volume of concrete increased. Concrete OPC G +10% POFA decreased because reaction pozzolanic can less acid for concrete.

Keywords: Durability, OPC, POFA, peat environment.

A PENDAHULUAN

A.1 Latar Belakang

Provinsi Riau memiliki luas wilayah gambut mencapai 3.867.414 ha atau sekitar 60,1% dari luas gambut di pulau Sumatra (BB Litbang SDLP, 2011). Gambut berasal dari timbunan bahan organik yang terbentuk secara alami dari pelapukan vegetasi tumbuhan. Pelapukan ini terjadi karena suasana anaerob dan basah dalam waktu yang lama. Berdasarkan tingkat kematangannya, gambut terbagi atas tiga jenis yaitu gambut matang (*saprik*), gambut setengah matang (*hemik*) dan gambut mentah (*fibrik*). Gambut saprik memiliki karakteristik melapuk lanjut dan berwarna kecoklatan tua sampai hitam sedangkan gambut hemik masih

setengah lapuk berwarna kecoklatan dan gambut fibrik belum lapuk dan masih bisa dikenali bahan aslinya (Permen No.14 Tahun 2009). Menurut (Suwondo *et al.*, 2012) gambut di Provinsi Riau merupakan gambut hemik. Gambut memiliki sifat fisik daya serap air yang tinggi, daya dukung tanah yang rendah menyebabkan sering terjadinya penurunan tanah (Maswar *et al.*, 2013). Air gambut di provinsi Riau memiliki derajat keasaman yang rendah dengan pH 4.5, kandungan kadar organik KMnO₄ 118,5 mg/L dan tingkat kekeruhan 31 NTU (Revi *et al.*, 2016).

Beton merupakan material yang paling banyak digunakan pada kontruksi di lahan gambut di provinsi Riau. Misalnya pada pembangunan

drainase, jalan raya, bangunan dan lain – lain. 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. Kandungan asam yang dimiliki gambut menyebabkan air gambut tidak sesuai digunakan sebagai bahan campuran beton. Air gambut juga memiliki berbagai senyawa yang dapat merusak beton seperti sulfat dan klorida. Senyawa ini akan menyerang beton dan mengakibatkan korosi pada beton. Beton akan mengalami retak – retak yang dapat mengakibatkan kerusakan pada beton. Menurut Mulyono (2013), air pencampur beton tidak bisa mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lain yang dapat merusak beton. Tinggi genangan air gambut juga dapat mempengaruhi kuat tekan beton, semakin tinggi genangan air gambut maka kuat tekannya akan semakin rendah (Emilsyah *et al.*, 2008).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kualitas beton di gambut mengalami penurunan. Penelitian yang dilakukan oleh Pandiangan (2014) menunjukkan beton yang direndam dengan air biasa cenderung mengalami peningkatan kuat tekan, tetapi mengalami penurunan porositas dan permeabilitas sedangkan yang direndam dengan air gambut sebaliknya. Semakin rendah pH rendaman, semakin tinggi daya serang terhadap beton dan sebaliknya. Penelitian yang dilakukan oleh Olivia *et al* (2014) OPC POFA dengan substitusi 10% POFA pengganti semen dengan *curing* air gambut.

Menghasilkan OPC POFA dapat mempertahankan kualitas mortar dari serangan asam. Hal tersebut disebabkan reaksi pozzolan yang bisa mengurangi pori-pori mortar dalam jangka panjang. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Sianturi (2016) beton dengan menggunakan air gambut sebagai air pencampur dan *curing* dengan air normal waktu ikat beton OPC yang menggunakan POFA lebih lama dari beton OPC dan PCC serta nilai kuat tekan beton OPC 91,67% dari OPC air biasa pada umur 28 hari dan pada umur 91 hari menjadi 93,67% dibanding dengan OPC air biasa. Selain itu porositas serta *sorptivity* beton OPC POFA lebih tinggi dari beton OPC dan PCC. Sedangkan kuat tarik belah beton dengan air pencampur air biasa lebih tinggi dari beton air gambut Prasetyio (2016).

Alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan pozzolan Penelitian ini mengkaji tentang kuat tekan beton serta durabilitas beton yang meliputi uji *sorptivity*, uji perubahan berat, uji UPV serta uji tampak visual dan kedalaman penetrasi yang menggunakan 10% POFA sebagai substitusi semen dan *curing* langsung di lahan gambut yang masih sedikit dilakukan.

A.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengkaji kuat tekan beton OPC dan OPC POFA dengan menggunakan air normal sebagai bahan pencampur dan *curing* di air normal serta menggunakan air gambut sebagai bahan pencampur dan *curing* di air

- gambut dengan substitusi POFA 10% pada umur 7, 28, 91, dan 120 hari.
- b. Mengkaji durabilitas beton dengan menggunakan air normal sebagai air pencampur dan *curing* dengan air normal di laboratorium serta menggunakan air gambut sebagai bahan pencampur dan *curing* di lahan gambut dengan substitusi POFA 10% yang meliputi uji *sorptivity*, uji perubahan berat, uji UPV serta visual dan penetrasi asam pada umur 7, 28, 91, dan 120 hari.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Beton

Beton dalam bahasa Indonesia berasal dari kata yang sama dalam Bahasa Belanda. *Concrete* berasal dari bahasa latin *concretus* yang memiliki arti tumbuh bersama atau menggabungkan menjadi satu. Dalam bahasa Jepang menggunakan kata *Kotauzai* yang berarti material – material seperti tulang (Nugraha & Antoni, 2007). Berdasarkan SNI 03-2834-2000 beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidrolik, agregat halus, agregat kasar dan air jika dituangkan ke dalam cetakan akan keras.

B.2 Bahan Penyusun Beton

B.2.1 Semen

Semen Portland memiliki kandungan kimia sebagai berikut.

1. Trikalsium silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) atau C_3S .
2. Dikalsium silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) atau C_2S .
3. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) atau C_3A .

4. Tetrakalsium aluminoforit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) atau C_4AF .

Tabel 1. Komposisi umum oksida-oksida semen Portland Jenis 1

No.	Oksida	% Berat
1.	CaO	63
2.	SiO ₂	22
3.	Al ₂ O ₃	6
4.	Fe ₂ O ₃	2.5
5.	MgO	2.6
6.	K ₂ O	0.6
7.	Na ₂ O	0.3
8.	SO ₂	2.0
9.	CO ₂	-
10.	H ₂ O	-

Sumber: (Antoni; Nugraha, 2007)

B.2.2 Agregat

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar yang dapat dipakai untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik. Agregat dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran butirannya yaitu agregat kasar dan agregat halus (Mulyono, 2003). Batasan ukuran agregat antara agregat halus dan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*British Standard*) atau 4.75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar memiliki ukuran lebih besar dari 4.80 mm atau 4.75 mm sedangkan yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4.80 mm atau 4.75 mm merupakan agregat halus.

B.2.3 Air

Air yang baik yang digunakan untuk pembuatan beton adalah air bersih yang bisa diminum. Air sangat berpengaruh terhadap *workability* dari

beton. Karena jika air terlalu sedikit maka adukan beton menjadi kental dan akan sulit dikerjakan (kinerjanya rendah) dan sebaliknya (Asroni, 2010).

B.2.4 Pozzolan

Pozzolan merupakan bahan yang sering ditambahkan ke dalam beton dengan tujuan mengurangi pemakaian semen, mengurangi temperatur akibat reaksi hidrasi. Pozzolan yang memiliki kandungan kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ yang tinggi sangat bagus untuk digunakan. Berdasarkan ASTM C618-92 pozzolan dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

- a. Kelas N: Pozzolan alam, seperti: tanah *diatomic*, abu vulkanik, *ophthaline cherts*, dan melalui proses pembakaran serta berbagai jenis pozzolan hasil pembakaran.
- b. Kelas C: *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran sub bitumen batubara, yang memiliki kandungan $\text{CaO} < 10\%$.
- c. Kelas F: *Fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran sub bitumen batu bara yang memiliki kandungan $\text{CaO} > 10\%$.

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan material meliputi pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus. Pemeriksaan agregat kasar terdiri dari: pemeriksaan berat jenis, berat volume, pemeriksaan analisa saringan, pemeriksaan kadar air, dan pemeriksaan ketahanan aus agregat. Sedangkan pemeriksaan agregat halus terdiri dari:

pemeriksaan berat jenis, berat volume, pemeriksaan analisa saringan, pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan kadar organik dan pemeriksaan kadar air. Untuk POFA dilakukan pemeriksaan karakteristik kimia di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Padang.

C.2 Tahapan Pengujian

Beton dalam penelitian ini menggunakan air normal dan air gambut. Beton tersebut terbagi dalam 4 jenis yaitu: beton OPC N, OPC G, OPC POFA N, dan OPC POFA G

Keterangan:

1. OPC N = Beton OPC dengan air pencampur dan *curing* air normal.
2. OPC POFA N = Beton OPC + 10% POFA dengan air pencampur dan *curing* air normal.
3. OPC G = Beton OPC dengan air pencampur air gambut dan *curing* lahan gambut.
4. OPC POFA G = Beton OPC dengan 10% POFA dengan air pencampur air gambut dan *curing* di lahan gambut.

Pengujian beton dilakukan setelah beton mengalami *curing* 28 hari di lahan gambut.

C.2.1 Pengujian Kuat Tekan

Prosedur pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

- a. Mengambil benda uji yang telah mengalami *curing* 28 hari di lahan gambut.
- b. Menentukan berat dan ukuran benda uji.
- c. Melapisi permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang

- yang telah dilelehkan terlebih dahulu (*capping*).
- Meletakkan benda uji pada mesin uji kuat tekan secara sentris.
 - Menjalankan mesin tekan.
 - Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi.



Gambar 1: Pengujian Kuat Tekan

C.2.2 Pengujian Perubahan berat

Prosedur perubahan massa pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Mencatat berat beton sebelum direndam.
- Mengambil beton dari perendaman setelah umur perendaman 3, 7, 14, 28, 42, 56, 84, 91 dan 120 hari.
- Meletakkan beton di atas wadah setelah kering permukaan beton ditimbang.
- Kemudian beton direndam kembali dan melakukan pengujian sesuai dengan umur perendaman.



Gambar 2: Pengujian perubahan berat

D. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisis Karakteristik POFA

Pengujian karakteristik abu sawit dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Padang. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kandungan senyawa pozzolan yang terkandung dalam abu sawit (*palm oil fuel ash*) yang digunakan sebagai substitusi semen dalam pembuatan beton.

Tabel 2. Komposisi kelapa sawit

No.	Unsur	Satuan	Hasil analisa
1	SiO ₂	%	46,68
2	Al ₂ O ₃	%	13,87
3	Fe ₂ O ₃	%	0,82
4	MgO	%	5,82
5	CaO	%	8,79
6	Na ₂ O	%	0,03
7	K ₂ O	%	2,117
8	MnO	%	0,07
9	P ₂ O ₅	%	7,75
10	SO ₃	%	1,12
11	Cu	%	0,02
12	Zn	%	0,02
Kadar			
13	air	%	3,78

Sumber: Balai riset dan standadisasi Industri Padang, 2016.

Berdasarkan tabel di atas POFA yang berasal dari PKS PT. Bangun Terera, Kecamatan Perhentian Raja, Kabupaten

Kampar, Provinsi Riau memiliki kandungan SiO₂ 46,68 %, Al₂O₃ 13,875 %, dan Fe₂O₃ 0,82 % sekitar 61.375 %. Berdasarkan ASTM C 168 POFA yang digolongkan dalam penelitian ini termasuk tipe C karena lebih dari 50%.

D.2 Analisis Properties Agregat

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam pembuatan beton. Agregat kasar diperoleh dari sungai Kampar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.

Tabel 3. Karakteristik Agregat Kasar

No.	Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar spesifikasi
1.	Berat jenis (gr/cm ³)	2,63	2,5-2,7
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,52	2,5-2,7
	b. <i>Bulk spesific gravity on dry</i>	2,56	2,5-2,7
	c. <i>Bulk spesific gravity on SSD</i>	1,57	<4
	d. <i>Absorption (%)</i>		
2.	Kadar air (%)	0,25	3-5
3.	Modulus kehalusan	4,31	5-8
4.	Keausan (%)	34,44	<40
5.	Berat Volume		
	a. Kondisi padat	1,52	>1,2
	b. Kondisi gembur	1,33	>1,2

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini memiliki gradasi butiran dengan ukuran maksimum 38

mm. Butiran agregat sangat mempengaruhi volume pori pada beton. Jika butirannya seragam volume akan besar sedangkan apabila butirannya bervariasi volume pori akan mengecil. Hal tersebut karena butiran yang kecil akan mengisi pori di antara butiran yang lebih besar. Hasil modulus kehalusan 4,31. Modulus kehalusan tidak memenuhi standar spesifikasi agregat kasar yaitu antara 5-8. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar masih memenuhi standar dengan nilai antara 2,5-2,7. Hasil pemerikaan *absorption* 1,57 masih memenuhi karena <4. Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar kondisi padat yaitu 1,53 dan kondisi gembur 1,32 hal ini masih memenuhi standar yaitu >1,2. Sedangkan kadar air agregat kasar dengan nilai 0,25% tidak memenuhi standar spesifikasi antara 3-5. Keausan Los Angeles masih memenuhi yaitu 34,44% masih dibawah 40%.

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini masuk dalam spesifikasi daerah II termasuk pasir agak kasar dengan kondisi baik. Hasil pemeriksaan juga menunjukkan modulus kehalusan dengan nilai 3,98 tidak masuk ke dalam standar spesifikasi yaitu antara 1,5-3,8. Hasil berat jenis agregat halus masih masuk yaitu antara 2,5-2,7. Hasil absorpsi 0,81% masuk dalam standar spesifikasi. Kadar lumpur masuk dalam standar spesifikasi 1,41% antara 0,2-6%. Hasil kadar air agregat halus tidak masuk standar spesifikasi dengan nilai 0,45. Hasil modulus elastisitas atau *fitnesses* dengan 3,98 tidak memenuhi standar

spesifikasi yaitu 1,5-3,8. Hasil berat volume agregat halus dengan kondisi padat 1,61 dan gembur 1,52 masih masuk standar karena nilainya lebih besar dari 1,2.

Tabel 4. Karakteristik Agregat Halus

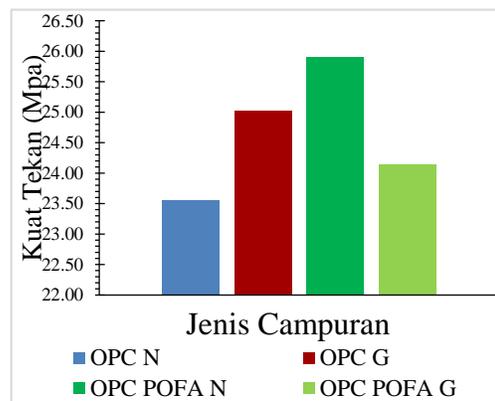
No.	Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar spesifikasi
1.	Berat jenis (gr/cm ³)		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,64	2,5 - 2,7
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,58	2,5 - 2,7
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,60	2,5 - 2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	0,81	< 2
2.	Kadar Lumpur (%)	1,41	0,2 - 6
3.	Kadar air (%)	0,4	3 - 5
4.	Modulus kehalusan	3,98	1,5 - 3,8
5.	Kadar organik	No. 2	< No. 3
6.	Berat Volume		
	a. Kondisi padat	1,61	>1,2
	b. Kondisi gembur	1,51	>1,2

D.3 Hasil Pengujian beton

D.3.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton mengalami *curing* di lahan gambut selama 28 hari. Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10.5 cm dan tinggi 21 cm. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3. berikut ini.

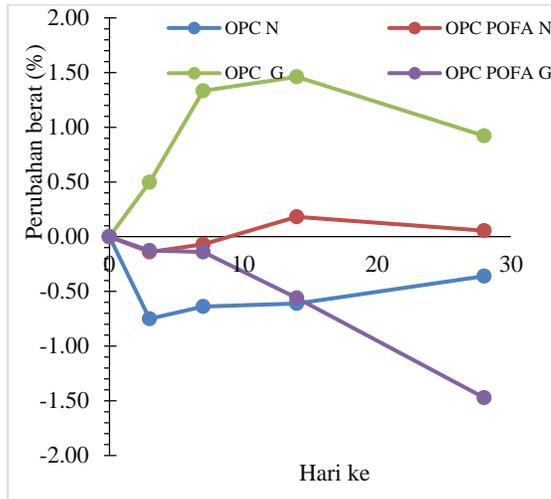
Gambar 3. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari



Hasil penelitian menunjukkan beton OPC POFA N memiliki kuat tekan tertinggi lalu beton OPC G dan OPC POFA G. Hal tersebut disebabkan serangan asam dapat menurunkan kuat tekan beton serta reaksi pozzolanik dapat memperlambat pembentukan silikat hidrat pada beton. Sehingga untuk umur 28 hari beton OPC POFA G memiliki kuat tekan lebih rendah dari beton OPC G.

D.3.2 Pengujian perubahan berat

Pengujian perubahan berat merupakan hasil rata-rata dari 3 buah benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm. Pengujian ini memiliki variasi umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hasil pengujian perubahan berat dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Hasil pengujian perubahan berat

Hasil penelitian menunjukkan perubahan berat beton OPC N dan OPC POFA N pada umur 3 hari kemudian mengalami peningkatan perubahan berat sampai umur 28 hari. Sedangkan OPC G pada umur 28 hari mengalami peningkatan dan OPC POFA G pada umur 28 hari menurun. Hal tersebut disebabkan serangan asam pada gambut dapat menyebabkan terjadinya ekspansi pada beton sehingga volumenya mengembang. Sedangkan ditambahkan OPC POFA G mengalami penurunan perubahan berat disebabkan karena pengaruh intrusi arus air pada lahan gambut.

E. Kesimpulan dan Saran

E.1 Kesimpulan

1. Substitusi 10% POFA dapat mengurangi serangan asam pada beton yang direndam di lahan gambut.
2. Beton yang direndam di lahan gambut akan mengalami peningkatan perubahan berat hal tersebut karena serangan asam dapat menyebabkan

terjadinya ekspansi beton sehingga volumenya meningkat.

3. Kuat tekan beton OPC POFA G lebih rendah dari beton OPC G hal tersebut disebabkan serangan asam pada beton dapat menyebabkan ekspansi dan volume beton mengembang sedangkan pada beton OPC POFA G POFA memperlambat pembentukan silikat hidrat.

E.2 Saran

1. Pemilihan agregat perlu dilakukan lebih teliti dengan tujuan agregat memenuhi persyaratan standar spesifikasi.
2. Perlu adanya penelitian beton di lahan gambut dengan umur perawatan yang lebih lama untuk mengamati durabilitas beton di lahan gambut lebih lanjut.

F. Daftar Pustaka

- Dariah, et al.** 2013. Karakteristik Lahan Gambut.
- Asoni, A.** 2010. Balok Pelat Beton Bertulang. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Bayu Emilsyah, et al.** 2008. Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Genangan Air Terhadap Kuat Tekan Beton Normal Campuran Air Gambut. Jurnal Teknik Sipil Untan.
- BB Litbang SDLP 2011.** Peta Lahan Gambut Indonesia.
- Farandia, R. Y.** 2014. Kuat Tekan dan *Workability* Beton *High Volume* POFA. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Olivia, et al.** 2014. *Resistance of Plain and Blended Cements Exposed To*

Sulfuric Acid Solution and Acidic Peat Water : a Preliminary Study.

Pandiangan, J. A. 2014. Ketahanan Beton Mutu Tinggi di Lingkungan Asam. Pekanbaru: Universitas Riau.

Permen no.14 Tahun 2009. Pedoman Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Budidaya Kelapa Sawit.

Prasetyio, A. 2016. Sifat Mekanik Beton OPC dan OPC POFA Menggunakan Air Gambut Sebagai Air Pencampur. Pekanbaru: Universitas Riau.

Sianturi, R. 2016. Kuat Tekan dan Sifat Fisik Beton OPC, OPC POFA, dan PCC Menggunakan Air Gambut Sebagai Air Pencampur Beton. Pekanbaru: Universitas Riau.

SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standar Nasional.

SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional.

Suwondo, et al. 2012. Efek Pembukaan Lahan Terhadap Karakteristik Biofisik Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(2).