

SIFAT FISIK DAN KOROSI BETON ABU TERBANG UNTUK SEKAT KANAL PADA LAHAN GAMBUT BAGIAN HILIR

Andi Darmawan¹ Monita Olivia^{1*} Sigit Sutikno¹

¹Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Riau

Email: ojayonepit@gmail.com , * monita.olivia@lecturer.unri.ac.id (corresponding author), sigit.sutikno@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Gambut adalah jenis tanah yang mudah terbakar jika kering dan terpapar suhu yang tinggi terutama dalam kondisi ekstrim seperti saat ini. Untuk menjaga air tetap membasahi gambut maka dilakukan konstruksi sekat kanal pada daerah hilir. Beton dengan campuran abu terbang diharapkan dapat menjaga kondisi beton tetap basa sehingga tulangan yang terkandung didalam beton tetap terjaga. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan beton normal dan beton campuran fly ash 30% terhadap air gambut, air laut, dan air campuran keduanya. Hal ini disebabkan beton akan diaplikasikan pada daerah pesisir yang mengalami 2 siklus air, yaitu air air gambut dan air laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan kandungan 30% abu terbang memiliki kuat tekan yang lebih baik dibandingkan beton dengan 0% abu terbang karena mengalami peningkatan seiring penambahan umur beton dan lebih tahan terhadap serangan klorida pada campuran air NaCl dan asam pada air gambut maupun campuran keduanya. Sedangkan porositas beton 30% abu terbang memiliki porositas yang kecil yaitu 1,75% namun korosi sebesar 1,33% pada air gambut. Berdasarkan hasil penelitian ini, beton dengan campuran abu terbang yang memiliki durabilitas cukup baik pada lingkungan agresif yang memiliki serangan akibat asam dan klorida yang tinggi seperti lingkungan air gambut dan air laut (NaCl).

Kata Kunci: Korosi; Gambut; Kanal; NaCl; Pesisir

ABSTRACT

Peat is a soil type that is flammable when dry and exposed to high temperatures, especially in extreme conditions like today. To keep the water moist on the peat, the construction of canal blocks in the downstream area is carried out. Concrete with a mixture of fly ash is expected to keep the condition of the concrete alkaline so that the reinforcement contained in the concrete is maintained. This study aims to compare normal concrete and 30% fly ash mixed concrete against peat water, sea water, and a mixture of both water. This because the concrete will be applied to coastal areas that experience 2 water cycles, namely peat water an sea water. Canal blocking prevents water from escaping and keeps the peat wet. The results showed that the concrete with a content of 30% fly ash has a compressive strength better than concrete with 0% of fly ash because of increased with increasing age of concrete and more resistant to attack chloride in the mixture of water NaCl and acidic peat water or a mixture of both. While the porosity of 30% fly ash concrete has a porosity that is small at 1.75%, but the corrosion of 1.33% in the peat water. Based on these results, the concrete with fly ash mixture that has fairly good durability in aggressive environments that have attack and hydrochloric acid as a result of such high water environment peat and sea water (NaCl).

Keywords: Corroton; Peat; Canal; NaCl; Coast

1. PENDAHULUAN

Provinsi Riau ialah salah satu Provinsi yang memiliki 3.867.414 ha atau 60,1% tanah gambut terbesar di Pulau Sumatera [1]. Gambut merupakan lapisan tanah kaya bahan organik. Kandungan organik penyusun tanah terbentuk dari sisa-sisa tanaman yang telah mati dan melapuk. Tanah gambut ialah salah satu contoh tanah yang memiliki resiko kebakaran jika dalam kondisi kering dan terpapar suhu yang tinggi. Berbagai usaha dilakukan untuk tetap menjaga kondisi lahan gambut agar tetap basah dan tidak mudah terbakar saat mengalami suhu ekstrim seperti saat ini. Salah satunya adalah dengan

mendirikan Badan Restorasi Gambut (BRG) berdasarkan Surat Keputusan Presiden No 01/2016. Pada Perpres diatur mengenai tata kelola lahan gambut melalui konstruksi sekat kanal atau *canal blocking*. Sekat kanal adalah salah satu agenda nasional untuk merestorasi gambut yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kebakaran lahan karena rusaknya ekosistem gambut. Mencegah lahan agar tetap basah adalah salah satu langkah yang bijak dibandingkan penanggulangan yang menguras biaya dan tenaga. [2]. Gambut memiliki daerah konservasi yaitu pada daerah hulu yang mana pada daerah itu merupakan kawasan budidaya gambut sedangkan untuk konstruksi dapat dilakukan pada bagian hilir.

Struktur beton yang terpapar langsung lingkungan gambut dapat mengalami penurunan ketahanan beton akibat asam organik maupun non-organik. Semakin rendah nilai pH pada suatu larutan maka akan semakin tinggi serangan asam yang terjadi pada beton [3].

Peristiwa kebakaran lahan gambut merupakan masalah yang selalu terjadi setiap tahunnya sehingga pembuatan sekat kanal merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan. Sekat kanal merupakan sekat yang dibuat di dalam sebuah kanal pada lahan gambut. Menurut [4], pembangunan sekat didalam sebuah kanal (*canal blocking*) memiliki tujuan untuk menjaga kandungan air dari lahan gambut agar gambut tetap dalam keadaan jenuh air. Tidak terdapat buangan air yang cukup besar pada sekat kanal, namun hanya memiliki limpasan air (*overflow*). Menurut [5] inti membuat sekat saluran bertujuan untuk menjaga air tetap didalam saluran dengan membuat sekat-sekat di dalamnya. Konstruksi sekat kanal pada lahan gambut memiliki tujuan seperti untuk mengurangi permukaan air tanah dan mengurangi nilai konsentrasi asam organik yang terkandung didalamnya. Tanah gambut sebaiknya tidak dalam keadaan kering karena dapat memicu kebakaran dan mengeluarkan emisi gas karbondioksida tinggi, sehingga pemakaian sekat kanal dengan pintu air dapat mengatur ketinggian permukaan air sehingga gambut tidak dalam keadaan kering dan mengalami degradasi terus-menerus. Konstruksi sekat dapat membantu mengurangi penurunan muka air sehingga kondisi lahan tidak mudah terbakar karena selalu dalam keadaan basah [6]. Sekat kanal pada bagian hilir yang langsung terpapar dengan air laut akan mengakibatkan kerusakan beton karena air laut mengandung garam yang masuk kedalam pori beton. Ketika kondisi air laut surut maka air akan menguap ke udara sehingga meninggalkan garam pada pori beton.

Abu terbang atau umumnya dikenal sebagai *fly ash* telah banyak digunakan dalam konstruksi sebab abu terbang memiliki sifat pozzolanik. Bagian pembakaran batu bara yang mengendap pada boiler disebut abu dasar (*bottom ash*) masih banyak digunakan sebagai material pengisi dibandingkan pengganti semen karena kuantitas hasil produksi dan kualitas bahan yang cukup rendah [7]. Sekitar 20% abu terbang yang dapat digunakan dalam komposisi bahan bangunan [8]. Abu terbang dapat dimanfaatkan sebagai material pengganti Semen, beton ringan, sebagai material untuk konstruksi jalan, hingga material untuk pekerjaan tanah [9]. Umumnya abu terbang digunakan sebagai bahan-bahan untuk pembuatan keramik, aspal, adsorben, pengisi di industri logam aluminium campuran dan material pozzolana pada beton [10, 11]. Berdasarkan penelitian [12], karakteristik beton dapat diperbaiki melalui pencampuran abu terbang untuk mengganti sebagian semen. Beton abu terbang memiliki kuat tekan yang lebih rendah setelah dirawat selama 28 hari karena terjadi reaksi pozzolanik dan perlambatan reaksi hidrasi. Karena hal tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai memodifikasi material pada campuran beton agar tetap memiliki durabilitas yang lebih tinggi agar dapat bertahan pada lingkungan yang memiliki klorida dan sulfat yang tergolong tinggi. Beton normal pada umumnya tidak dapat bertahan pada lingkungan

gambut karena kadar asam yang tinggi, sehingga diperlukan adanya modifikasi dari beton tersebut dengan menggunakan bahan pozzolanik untuk dapat menetralkan pH beton yang terpapar asam tinggi [13]. Beton yang diaplikasikan pada lingkungan ini rentan mengalami keruntuhan yang lebih cepat dibandingkan beton yang di aplikasikan pada air normal.

Berdasarkan permasalahan diatas penelitian ini menggunakan campuran Semen tipe PCC (Portland Composite Cement) dengan campuran abu terbang diharapkan dapat bereaksi lebih baik agar dapat meningkatkan durabilitas beton saat diletak pada lingkungan air gambut serta air laut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton Di Lingkungan Gambut

Lingkungan gambut merupakan lingkungan yang memiliki keasaman yang cukup tinggi yaitu dengan nilai pH dibawah 5. Lingkungan ini dapat merubah material konstruksi mengalami pengikisan permukaan karena asam nya. Beton yang diaplikasikan pada lingkungan ini rentan mengalami keruntuhan yang lebih cepat dibandingkan beton yang di aplikasikan pada air normal. Biasanya beton pada lingkungan gambut ini diaplikasikan sebagai material sekat kanal. Gambut bersifat agresif ini dapat merusak material sekat kanal sehingga perlu inovasi baru untuk konstruksi material sekat kanal yang lebih tahan pada lingkungan tersebut.

Untuk meningkatkan ketahanan beton pada lingkungan gambut dapat menggunakan bahan tambah bersifat pozzolanik. Riset terdahulu oleh [14] memakai air biasa yang direndam dalam larutan asam sulfat dan air gambut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kkuat tekan mortar PCC serta mortar abu sawit. Pemakaian air gambut sebagai air pencampur di lapangan sebenarnya tidak memenuhi kriteria bahan baku beton di lapangan. Beton dengan kombinasi air kapur tohor mempunyai kekuatan tekan lebih besar dibanding beton dengan kombinasi air gambut tanpa zat aditif apapun.

Beton memiliki pH melebihi 7 yang berarti beton memiliki sifat basa, namun dengan diaplikasikannya beton pada daerah gambut dengan keasaman tinggi dapat menurunkan nilai pH beton. pH beton berperan penting terhadap kemampuan beton, dengan naiknya pH pada beton mengakibatkan tulangan yang terlapisi didalam beton akan kehilangan lapisannya, karena lapisan yang menyelimuti tulangan ini hanya ada jika beton dalam kondisi basa. Semakin lama beton berada dalam lingkungan air asam maka menyebabkan terkikisnya sedikit demi sedikit selimut beton yang semakin lama akan menyebabkan penurunan kemampuan dari beton itu sendiri.

Pada Riset [15] memakai semen Portland Composite Cement (PCC) buat tingkatan energi ketahanan pada wilayah area gambut pengganti pemakaian semen Ordinary Portland Cement (OPC). Hasil riset menampilkan kalau Pemakaian PCC lebih baik dari OPC terhadap serbuan asam organik dikarenakan bahan pozzolanik yang terdapat dalam semen PCC bereaksi dengan hasil ion tetap dikelilingi dengan molekul

semen lewat silikat bonus (C-S-H) yang bisa memperbaiki kekedapan serta kekuatan beton sehabis direndam dalam air gambut sepanjang 120 hari.

Beton Di Lingkungan NaCl

Lingkungan NaCl merupakan lingkungan yang memiliki kadar klorida yang cukup tinggi sehingga jika menyentuh tulangan pada beton akan dapat mempercepat lajunya korosi pada tulangan beton. Beton yang di aplikasikan pada lingkungan ini rentan mengalami keruntuhan yang lebih cepat dibandingkan beton yang diterapkan pada air normal jika ion klorida dapat menembus lapisan tulangan pada beton.

Pada lingkungan NaCl atau air laut, terdapat mekanisme ion- ion klorida serta sulfat menyerang beton sehingga terjadi reaksi antara semen pada beton dengan ion agresif sehingga menimbulkan penurunan kualitas beton akibat perubahan sifat kimia dan fisika beton. Kondisi tersebut menimbulkan penurunan kualitas beton karena timbul retak-retak pada permukaan beton, beton mulai pecah dan dapat memicu karat pada tulangan beton.

Permeabilitas berkaitan dengan kualitas permukaan beton dan memiliki keterkaitan dengan kualitas atau kekuatan beton. Permeabilitas tinggi disebabkan oleh sifat fisik beton yang mudah dilalui air sehingga ion agresif NaCl dapat masuk ke dalam beton dan menyebabkan kerusakan pada beton. Ion klorida dapat menurunkan kualitas semen karena reaksi kimia yang terjadi pada beton dan dapat memperbesar nilai permeabilitas akibat kerusakan yang ditimbulkan ion klorida [16].

Sekat Kanal

Sekat kanal sebagai usaha untuk melakukan *canal blocking* merupakan sekat yang dibangun di dalam kanal dengan prinsip sekat kanal tidak memiliki *discharge* (buangan air) yang cukup besar, namun hanya berupa limpasan air (*overflow*). Menurut [5], pada sebuah saluran sebuah sekat dapat menjaga kondisi muka air dengan pembatasan dari lahan di sekelilingnya.

Pembuatan sekat kanal di lahan gambut bermaksud untuk mengurangi level air permukaan tanah dan mengurangi kandungan asam organik pada tanah. Pintu air pada kanal yang mana sebagai areal budidaya ialah hal yang perlu untuk diperhatikan sebab karakteristiknya yang berbeda dengan tanah mineral. Aktifnya tanah mineral terdapat pada bahan padatnya. Sedangkan bagian aktif gambut terletak pada fase cairnya sehingga jika gambut mengering maka gambut akan kehilangan fungsi sebagai tanah dan menjadi bersifat hidrofobik. Sebab itu, dalam pencegahan gambut dalam keadaan terlalu kering, maka saluran drainase dibuat pintu air yang berfungsi sebagai sekat kanal sehingga dapat menjaga muka air tanah tetap stabil pada kisaran yang dihendaki [17].

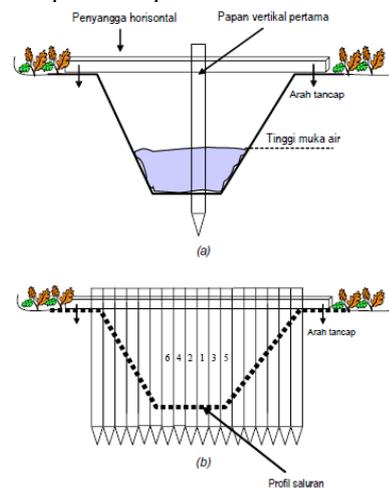
Pembasahan gambut pada kawasan konservasi ataupun kawasan budidaya cukup berbeda pada pengatur aimya yang mana disebut sebagai *spillway*. Berdasarkan [18] syarat lokasi dan jenis kanal yang di konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Kanal adalah saluran buatan manusia dan tidak berasal dari keadaan alam dan terdapat pada lokasi yang diprioritaskan oleh BRG atau Badan Restorasi Gambut untuk dilindungi dan dibudidayakan.
2. Saluran pembuangan kanal memiliki jalur khusus yang berhubungan dengan wilayah sungai dan danau.
3. Kanal memerlukan pintu air sebagai pengelolaan muka air di kawasan budi daya.
4. Kanal yang berlokasi pada Kawasan konservasi tidak memerlukan pengatur muka air sebab untuk menjaga muka air mendekati tinggi muka air gambut.
5. Tujuan utama kanal yang dilakukan penyekatan yaitu daerah yang rentan terjadi kebakaran lahan.
6. Penyekatan kanal tidak diizinkan jika mengganggu jalur transportasi masyarakat.

Tipe jenis sekat kanal yang perlu dibangun mengikuti kondisi lapangan yang tersedia. Menurut [5] terdapat 4 (empat) jenis sekat kanal seperti sekat papan, sekat dengan bahan pengisi, sekat plastik dan sekat geser. Keempat jenis sekat tersebut dijelaskan lebih detil sebagai berikut.

1. Sekat papan (*Plank dam*)

Papan kayu teras telah digunakan untuk penyekatan kanal di Kalimantan. Penyekatan yang tepat memperhatikan blok penyaluran air yang cukup besar yaitu dengan lebar penampang 2 meter dengan kedalaman lebih dari 1 meter. Penyekatan ini bisa dilakukan oleh pekerja biasa juga tidak memerlukan spesialisasi [19] Untuk sketsa dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



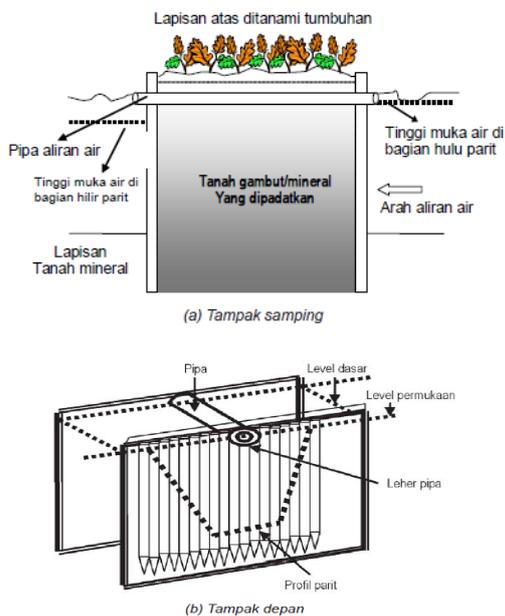
Gambar 1. Sketsa Sekat Papan

Hal yang menjadi perhatian dalam menggunakan jenis ini yaitu:

- a. Membutuhkan banyak tenaga kerja yang cukup banyak;
- b. Memerlukan kualitas kayu yang baik dan ketahanan terhadap air serta pelapukan;
- c. Memerlukan kayu berukuran relatif besar mempengaruhi mobilisasi hingga ke lokasi pekerjaan;
- d. perlunya untuk menghindari kerumunan pada lokasi pekerjaan karena rentan amblasnya tanah gambut. Yang menyebabkan kegagalan konstruksi.

2. Sekat isi (*Composite dam*)

Sekat ini tersusun dari dua buah atau lebih penyekat dapat berupa papan kayu maupun kayu balok/gelondongan yang mana diantara sisinya dilapisi geotekstil dan diisi dengan bahan material gambut atau tanah mineral yang dibungkus dengan karung bekas maupun material pembungkus lainnya. Bahan pengisi bekerja sebagai bahan penunjang struktur sekat sehingga menjadi lebih padat dan durabilitas yang tinggi. Selain daripada itu bagian atas dari sekat ini mampu menjadi jembatan penyeberangan. Untuk sketsa sekat isi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

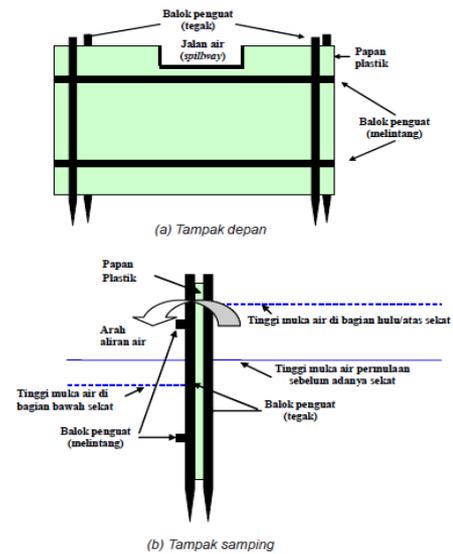


Gambar 2. Sketsa Isi Dari Bahan Papa Kayu

3. Sekat plastik

Sekat plastik merupakan sekat untuk pengatur debit air untuk mengatur muka air tanah pada sebuah saluran. Sekat ini memiliki kelebihan yaitu terletak pada saluran pembuangannya yang berada dibagian tengah dan atasnya. Letak outlet dapat diatur menjadi ketinggian muka air saluran yang dibutuhkan, lebih-lebih di musim kemarau dimana debit di dalam saluran relatif kecil.

Umumnya terbuat dari lembaran papan plastik yang kedap air. Biaya pembangunan sekat ini relative tinggi dibandingkan sekat kayu karena tidak mudah didapatkan dan umur yang lebih panjang. Sketsa sekat plastik dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Sketsa Dari Bahan Papan Plastik

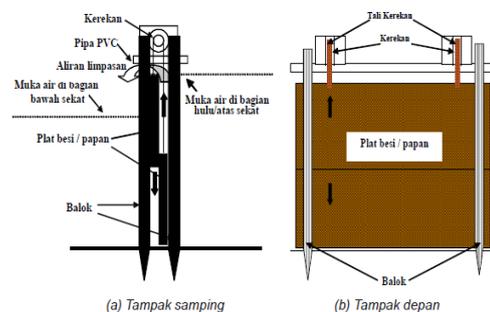
Dalam konstruksi sekat plastic memerlukan bahan sebagai berikut:

- Papan dari material plastik kedap air dengan ketebalan 5 (lima) hingga 20 (dua puluh) milimeter
- Balok berdimensi 4 x 6 cm
- Paku dan tambang plastik.

4. Sekat Geser (*slices*)

Sekat ini adalah sekat yang dapat dikendalikan dengan mudah untuk mengatur ketinggian muka air. Sekat ini tersusun dari 2 (dua) lembaran papan atau pelat besi dengan ketebalan 2 hingga 5 cm dan dapat bergerak secara vertikal dengan katrol untuk mengontrol kelebihan air dari bagian atas. Lembaran yang diletakkan di antara dua tanga balok menggunakan material yang tidak mudah rusak akan air maupun hal lainnya.

Buka-tutup ini menyesuaikan kebutuhan apabila tinggi air ingin ditinggikan pada musim kemarau, maka papan diatur posisinya agar penampang saluran lebih luas. Untuk sketsa sekat geser dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Sketsa Papan Geser

Konstruksi sekat kanal memerlukan bahan-bahan berikut:

- Papan dengan tebal 2 (dua) hingga 5 (lima) cm atau plat besi dengan ketebalan 0,3 hingga 0,5 cm

- b. Balok dengan dimensi 4 x 6 cm
- c. Pipa PVC dengan diameter 4 inci
- d. Paku dan peralatan lainnya

Durabilitas Beton

Durabilitas memiliki arti yaitu ketahanan. Sehingga durabilitas beton adalah ketahanan beton dalam berperan sebagai mana direncanakan. Beton sebaiknya direncanakan agar memiliki durabilitas yang tinggi, Adapun beberapa pengujian yang dapat dilakukan untuk mengetahui durabilitas beton seperti pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur beton, serta pengujian destruktif lainnya.

Kehancuran fisik berbentuk abrasi selalu berdampak pada beton yang langsung terpapar area agresif. Abrasi dapat menyebabkan kerusakan fisika pada beton karena tergerusnya permukaan beton akibat air yang terus-menerus bersentuhan dengan beton.

Reaksi kimia memiliki kaitan lebih erat dengan durabilitas karena serangan kimia pada beton oleh ion sulfat, ion klorida, ion alkali secara terus-menerus akan merusak beton karena desintegrasi beton. Reaksi kimia antara semen Portland dengan ion-ion agresif tadi dapat menyebabkan produk hidrasi yang baru tetapi tidak sekuat beton. Sifat-sifat fisik dan mekanis yang terkait dengan durabilitas seperti kuat tekan, porositas dan permeabilitas.

Permeabilitas merupakan indikator kualitas beton terutama di lingkungan agresif. Ketahanan beton yang terkait dengan permeabilitas akan mempengaruhi ukuran pori, jenis pori dan kedekatan beton di lingkungan agresif.

Beton Abu Terbang

Abu terbang adalah material buangan (limbah) sisa pembakaran batu bara yang mana yang berterbangan ke corong asap biasa disebut dengan fly ash sedangkan material yang tetap mengendap dibawah disebut bottom ash. Abu terbang sudah cukup umum digunakan sebagai campuran beton karena kandungannya dapat meningkatkan kuat tekan yang mana juga memiliki karakteristik seperti semen, sehingga daripada hal itu abu terbang sering dimanfaatkan sebagai material substitusi semen dalam campuran beton.

Beton abu terbang adalah beton dengan komposisi semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan abu terbang sebagai material penyusunnya. Abu terbang merupakan material pozzolanik sehingga abu terbang dapat berkolaborasi dengan semen dalam menjadi binder yang lebih baik pada beton. Abu terbang tidak seperti semen yang mana berubah bentuk saat bergabung dengan air namun tetap pada bentuk awalnya yang mana dapat berperan dalam menutup pori – pori beton.

Keuntungan penggunaan abu terbang pada beton:

- a. Beton lebih kedap air akibat kapur bebas yang dilepas pada proses hidrasi semen
- b. Meringankan pengerjaan beton karena plastis
- c. Mengurangi jumlah air yang digunakan menyebabkan kekuatan beton bertambah

- d. Mampu menurunkan panas hidrasi sehingga mencegah keretakan
- e. Mampu mengurangi biaya akibat pengurangan semen

Kekurangan penggunaan abu terbang pada beton:

- a. Penggunaan abu terbang untuk pengerjaan beton relatif tidak baik jika membutuhkan kuat tekan tinggi di awal karena reaksi pozzolan.
- b. Kualitas abu terbang dipengaruhi suhu pembakaran, proses dan jenis batu bara sehingga pengendalian mutu harus dikontrol.

Korosi

Korosi merupakan proses penurunan kualitas pada suatu material karena pengaruh reaksi kimia serta elektrokimia terhadap keadaan lingkungannya [20]. Selain itu kegiatan korosi (pengkaratan) dapat didefinisikan sebagai fenomena kimiawi terhadap material logam di berbagai kondisi lingkungannya atau reaksi kimia antara logam terhadap zat yang ada disekitarnya maupun terhadap partikel lainnya didalam matriks logam itu sendiri [21].

Korosi di baja tulangan menyebabkan diameter baja tulangan berkurang dan juga menimbulkan senyawa penyebab korosi cukup besar dibandingkan volume baja tulangan yang bereaksi. Oleh karena itu, korosi menyebabkan adanya tekanan pada beton disekeliling baja tulangan. Selimut pada beton merupakan bagian lapisan yang melapisi baja tulangan dari keretakan atau pengelupasan akibat tekanan yang berasal dari penambahan volume senyawa akibat reaksi korosi. Kerusakan yang diakibatkan adalah kinerja beton yang menurun sehingga apabila kerusakan tetap diabaikan maka bangunan dalam kondisi tidak layak pakai.

Untuk laju korosi sebagaimana menurut ASTM G1-03 pasal 8.1, dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana menurut ASTM G1 – 03

K = Konstanta (8,76 x 104 mm/tahun)

T = waktu terpapar (jam)

A = Luasan Benda Uji (cm²)

W = Selisih berat benda uji awal dan akhir (gr)

D = Berat jenis (Baja Tulangan = 7,86 gr/cm³)

3. METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Beton tersusun dari semen, bahan tambah (jika diperlukan), air, serta agregat kasar dan halus. Semen PCC merupakan semen produksi PT. Semen Padang dan umum digunakan untuk bahan pengikat beton. Agregat kasar di penelitian ini berasal dari Pangkalan, Sumatera Barat. Untuk agregat halus berasal dari daerah Teratak

Buluh, Kampar, Riau. Bahan tambah yang digunakan adalah abu terbang pada PLTU Tenayan Raya, Riau. Untuk perawatan menggunakan 3 (tiga) jenis air sebagai media perendaman beton yaitu air gambut (asam) dengan pH 4-5, air dengan campuran NaCl konsentrasi 5%, dan campuran keduanya. Untuk bahan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Bahan Penelitian

Benda Uji

Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 105 mm dan tinggi 210 mm untuk uji kuat tekan dan korosi sebanyak 72 buah. Sedangkan untuk pengujian porositas adalah setengah dari silinder berdiameter 105 mm dan tinggi 210 mm sebanyak 36 buah. Sehingga jumlah keseluruhan sampel penelitian ini sebanyak 216 buah sampel. Untuk jumlah sampel lebih detail dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini.

Tabel 1. Jumlah Sampel Beton 0% FA

Metode Perawatan	Pengujian Beton	Beton 0% FA			
		Umur Pengujian			
		0 hari	28 Hari	56 Hari	91 Hari
Air Gambut	Kuat Tekan	3	3	3	3
	Porositas	3	3	3	3
	Korosi	3	3	3	3
Air Larutan NaCl 5%	Kuat Tekan	3	3	3	3
	Porositas	3	3	3	3
	Korosi	3	3	3	3
Air Gambut + Larutan NaCl 5%	Kuat Tekan	3	3	3	3
	Porositas	3	3	3	3
	Korosi	3	3	3	3
Total		108			

Tabel 2. Jumlah Sampel Beton 30% FA

Metode Perawatan	Pengujian Beton	Beton 0% FA			
		Umur Pengujian			
		0 hari	28 Hari	56 Hari	91 Hari
Air Gambut	Kuat Tekan	3	3	3	3
	Porositas	3	3	3	3
	Korosi	3	3	3	3
Air Larutan NaCl 5%	Kuat Tekan	3	3	3	3
	Porositas	3	3	3	3
	Korosi	3	3	3	3
Air Gambut + Larutan NaCl 5%	Kuat Tekan	3	3	3	3
	Porositas	3	3	3	3
	Korosi	3	3	3	3
Total		108			

Beton yang digunakan dalam penelitian ini direncanakan dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,32. Adapun campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Komposisi Kimia Air NaCl

Komposisi Fly Ash	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Fly Ash (kg)
FA (0%)	726,48	224,03	1399,79	844,52	0
FA (30%)	508,54	224,03	1399,79	844,52	217,94

Metode Perawatan Beton

Beton yang telah dicampur dicetak dan direndam selama 28 hari dalam bak perendam dengan air normal. Setelah beton mencapai umur 28 hari, beton tersebut di rendam kembali pada air gambut dan air campuran NaCl 5% serta air campuran keduanya selama umur pengujian yang direncanakan yaitu 0, 28, 56, dan 91 hari. Pada saat umur yang direncanakan tercapai beton tersebut akan digunakan sebagai benda pengujian. Metode perawatan menggunakan air gambut yang diuji di Laboratorium PT. Sucofindo yang mana parameternya dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Komposisi Kimia Air NaCl

Komponen	Satuan	Hasil
pH		3,08
Iron (Fe) Dissolved	mg/l	0,112
Sulfate (SO4)	mg/l	40,2
Organic Matter by KMnO4	mg/l	6,95

Metode Pengujian Beton

Pada penelitian ini metode pengujian yang dilakukan ada 3 (tiga), yaitu terdiri dari pengujian kuat tekan, pengujian porositas beton, dan pengujian korosi yang terjadi dalam beton.

Uji Tekan

Kekuatan beton terhadap gaya tekan adalah salah satu parameter untuk mengetahui kekuatan beton dalam menerima beban maksimal dalam satuan luas. Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya gaya tekan yang diberikan dalam satu satuan luas hingga beton hancur. Alat untuk melakukan pengujian kuat tekan beton adalah mesin uji tekan (Compression Testing Machine) dengan rumus:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \text{ MPa} \quad (2)$$

Dengan,

P = Beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Saat pembebanan dilakukan, terjadi reaksi antara beban tekan yang diberikan alat pengujian tekan dengan permukaan beton hingga terjadi keruntuhan secara perlahan. Saat beton sudah mencapai batas maksimalnya maka nilai bacaan pada alat tidak akan bertambah kembali dan beton sudah dalam keadaan runtuh (hancur). Untuk

setup alat pengujian tekan dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Bahan Penelitian

Porositas

Porositas ialah kandungan pori-pori atau ruang kosong yang dalam beton terhadap volume beton dalam bentuk persentase. Porositas dapat diakibatkan adanya partikel-partikel bahan penyusun beton yang relatif besar, sehingga mengandung udara saat kondisi lecah dan kerapatan beton tidak maksimal setelah mengeras.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung porositas adalah:

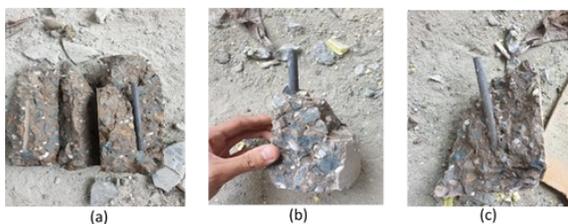
$$n = \frac{W2-W1}{W2-W3} \times 100\% \tag{2}$$

Dengan,

- n = porositas benda uji (%)
- W1 = berat kering oven benda uji (kg)
- W2 = berat beton jenuh air (kg)
- W3 = berat beton dalam air (kg)

Korosi

Korosi ialah rusaknya suatu material akibat reaksinya dengan lingkungan di sekitarnya. Korosi yang terjadi pada baja tulangan dalam beton merupakan proses reaksi elektrokimia yang melibatkan transfer elektron dari satu jenis material ke material lain. Pada penelitian ini menggunakan tulangan yang ditanam didalam beton saat pencetakan beton dan menghitung kehilangan berat yang dialami besi selama umur perawatan dengan 2 (dua) metode perendaman yaitu pada air dengan larutan NaCl 5% dan air gambut menggunakan persamaan laju korosi yang telah ditetapkan. Hasil bentuk uji korosi dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



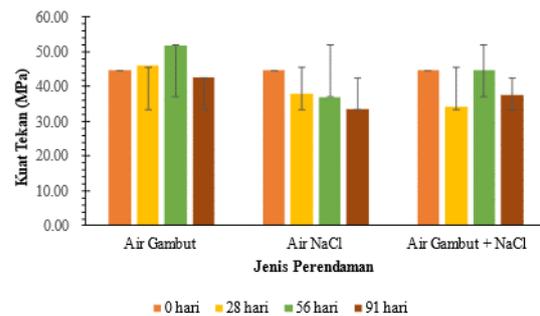
Gambar 7. Uji korosi (a) Air Gambut (b) Air NaCl (c) Air Campuran Gambut + NaCl

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

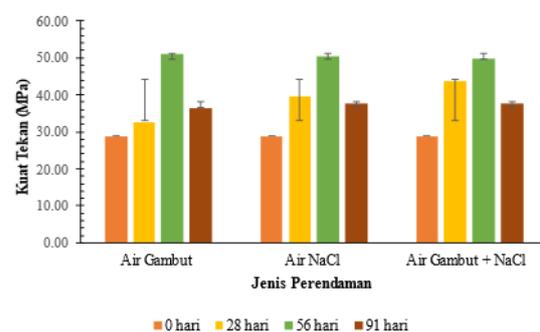
Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton sangat berpengaruh terhadap cara pengerjaan beton saat pencetakan, selain itu sifat – sifat bahan dasar penelitian dan job mix design yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas beton itu sendiri. Beton memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan material baja sehingga nilai kuat tekan beton ini sangat mempengaruhi kualitas beton tersebut dalam berperan menahan beban yang direncanakan.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan saat benda uji berumur 0, 28, 56, dan 91 hari dengan variasi substitusi FA sebanyak 0% dan 30% serta dengan 3 (tiga) metode perendaman beton yaitu air gambut dengan pH 4-5, air campuran NaCl 5%, dan air campuran keduanya. Berdasarkan pengujian dari kedua campuran ini menghasilkan nilai yang berbeda, pada beton dengan campuran abu terbang cenderung lebih tahan terhadap serangan asam pada air gambut dan klorida pada air campuran NaCl 5% dibandingkan beton normal. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 berikut ini.



Gambar 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal (0% FA)



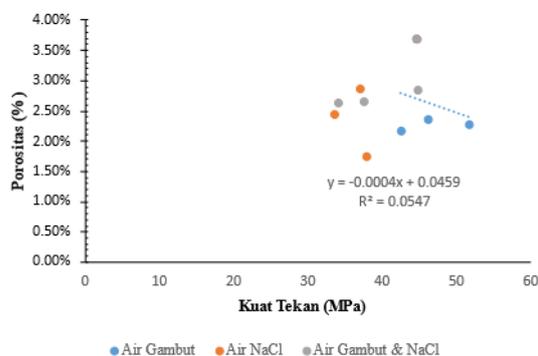
Gambar 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal (30% FA)

Berdasarkan hasil pengujian, beton dengan campuran 0% FA mengalami peningkatan sebesar 3,4% pada air gambut namun mengalami penurunan kuat tekan pada air campuran NaCl sebesar 15,1%. Sedangkan beton dengan campuran 30% FA mengalami peningkatan kuat tekan beton sebesar 12,9% pada air gambut dan tetap mengalami peningkatan pada air campuran NaCl sebesar 37,1%.

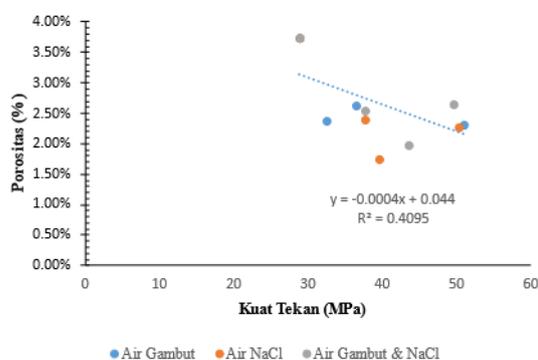
Hal ini menunjukkan bahwa kandungan abu terbang yang terkandung didalam beton berperan menahan serangan asam pada air gambut maupun klorida pada air campuran NaCl yang tetap menjaga kestabilan beton terhadap degradasi material. Untuk kuat tekan awal yang dihasilkan oleh beton FA 30% memang tidak terlihat tinggi dibandingkan beton normal karena abu terbang menyebabkan pengerasan yang cukup lama dibandingkan beton normal namun menjaga kestabilan beton seiring penambahan umurnya.

Pengujian Porositas

Pengujian porositas beton juga perlu dilakukan untuk melihat seberapa besar pori yang terdapat pada beton yang mana menghitung seberapa besar persentase air yang masuk kedalam campuran beton. Penelitian ini dilakukan saat benda uji berumur 0, 28, 56, dan 91 hari dengan variasi substitusi FA sebanyak 0% dan 30% serta dengan 3 (tiga) metode perendaman beton yaitu air gambut dengan pH 4-5, air campuran NaCl 5% dan campuran keduanya. Berdasarkan pengujian dari kedua campuran ini menghasilkan nilai yang tidak begitu signifikan yaitu pada beton dengan campuran abu terbang cenderung memiliki pori yang lebih besar dibandingkan beton normal yaitu mencapai 3,74% sedangkan beton normal hanya sebesar 3,69% pada umur beton 0 hari, namun untuk umur beton 28, 56, dan 91 hari nilai porositas yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11 berikut ini.



Gambar 10. Korelasi Uji Tekan dan Porositas Beton Normal (0% FA)



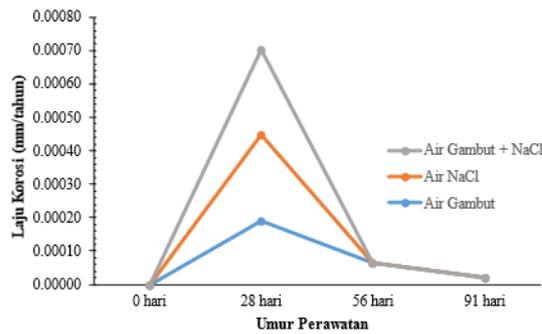
Gambar 11. Korelasi Uji Tekan dan Porositas Beton Abu Terbang (30% FA)

Hal ini menunjukkan bahwa kandungan abu terbang yang terkandung didalam beton menyebabkan beton mengalami keterlambatan pengerasan yang mana saat beton berumur 0 hari pori yang dihasilkan cenderung lebih banyak dibandingkan beton normal namun saat beton mencapai umur 28 hari pengerasan beton FA 30% sudah mulai terjadi dan berakhir saat beton mencapai umur 56 hari hingga 91 hari yang mana beton telah mengeras secara sempurna.

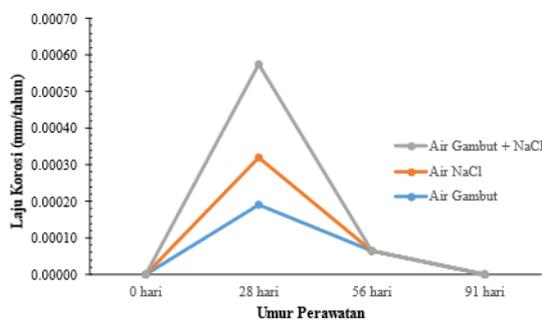
Terlihat dari grafik hubungan antara kuat tekan dan porositas dari beton normal menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,0547 dimana hasil ini tidak menunjukkan korelasi yang cukup kuat yang mana dalam kategori sangat lemah sehingga persamaan regresi yang dihasilkan memiliki keakuratan sebesar 5,47% dalam memprediksi nilai porositas berdasarkan data kuat tekan beton. Hal ini dapat terjadi karena variasi data yang cukup beragam. Namun lain halnya pada beton abu terbang (30% FA) menunjukkan korelasi sebesar 0,4095 yang mana dalam kategori sedang sehingga persamaan regresi yang dihasilkan memiliki keakuratan sebesar 40,95% dalam memprediksi nilai porositas berdasarkan data kuat tekan beton.

Pengujian Korosi

Selain dari uji kuat tekan dan porositas beton, sekat kanal yang terpapar kedua siklus perlu dilakukan pengujian korosi terhadap tulangan yang terkandung dalam beton untuk melihat seberapa besar degradasi material yang terjadi karena serangan asam pada air gambut dan klorida pada campuran NaCl pada air rendaman beton. Penelitian ini dilakukan saat benda uji berumur 0, 28, 56 dan 91 hari dengan variasi substitusi FA sebanyak 0% dan 30% serta dengan 3 (tiga) metode perendaman beton yaitu air gambut dengan pH 4-5, air campuran NaCl 5%, dan air campuran keduanya. Berdasarkan pengujian dari kedua campuran ini menghasilkan nilai yang tidak begitu signifikan yaitu pada beton dengan campuran abu terbang cenderung lebih tahan terhadap serangan asam pada air gambut dan klorida pada campuran NaCl dibandingkan beton normal, yang mana nilai korosi yang dihasilkan pada campuran FA 30% hanya sebesar 0 mm/tahun dan 0,00019 mm/tahun untuk 0 dan 28 hari pada air gambut serta 0 dan 0,00013 mm/tahun untuk 0 dan 28 hari pada air campuran NaCl. Sedangkan pada beton normal, nilai korosi yang dihasilkan sebesar 0 mm/tahun dan 0,00019 mm/tahun untuk 0 dan 28 hari pada air gambut serta 0 dan 0,00026 mm/tahun untuk 0 dan 28 hari pada air campuran NaCl. Untuk Adapun hasil pengujian korosi dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 berikut ini.



Gambar 12. Hasil Uji Laju Korosi Beton Normal (0% FA)



Gambar 13. Hasil Uji Laju Korosi Beton Abu Terbang (30% FA)

Hal ini menunjukkan bahwa kandungan abu terbang yang terkandung didalam beton menyebabkan beton mengalami keterlambatan pengerasan yang mana saat beton berumur 0 hari beton belum memiliki kepadatan yang sempurna sehingga kemungkinan air masuk menyerang tulangan dalam beton yang menyebabkan terjadi korosi walau tidak begitu besar. Namun saat beton mencapai umur 28 hari maupun pada umur 56 dan 91 hari pengerasan beton FA 30% sudah mulai terjadi yang menyebabkan nilai korosi yang dihasilkan lebih baik jika dibandingkan dengan beton normal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan, beton dengan campuran fly ash cenderung tidak rentan berpengaruh terhadap ketiga metode perendaman karena mengalami peningkatan kuat tekan seiring penambahan umur beton namun, saat beton mencapai umur perawatan 91 hari kekuatan beton mengalami penurunan tetapi tidak masih dapat melebihi mutu beton rencana yaitu 35 MPa. Secara visual terdapat beberapa serbuk beton yang diduga merupakan bagian beton mulai terkikis sedikit demi sedikit akibat serangan asam dan klorida maupun keduanya. Sedangkan beton normal mengalami perubahan yang cenderung naik turun dari umur 0 hingga 91 hari. Berdasarkan dari hasil

pengujian kuat tekan dapat disimpulkan bahwa beton dengan campuran abu terbang sebesar 30% dapat diaplikasikan pada lingkungan agresif seperti hal ini karena diperkirakan abu terbang yang terkandung didalam beton menjaga kondisi beton tetap dalam keadaan basa yang mana tetap melindungi tulangan dengan selimut alaminya.

Nilai porositas beton pada campuran yang diperoleh dari hasil pengujian, beton dengan campuran abu terbang cenderung lebih padat sebagaimana yang ditunjukkan oleh hasil pengujian yaitu nilai porositas beton dengan campuran abu terbang cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan porositas beton normal. Selain daripada itu dari kedua jenis campuran ini tidak menunjukkan nilai yang begitu signifikan sehingga berdasarkan pengujian porositas kedua campuran ini tetap dapat digunakan dalam aplikasi beton di lingkungan agresif seperti ini.

Selain daripada itu untuk pengujian laju korosi yang terjadi pada kedua campuran beton yang mana kehilangan berat pada tulangan beton tidak banyak sehingga laju korosi yang terjadi sangat lambat yaitu berkisar antara 0,00013 – 0,00026 mm/tahun. Berdasarkan pengujian ini campuran ini cukup kedap dan tidak mudah ditembus air gambut dan air larutan NaCl sehingga dapat disimpulkan bahwa campuran beton ini dapat direkomendasikan sebagai material dasar perencanaan sekat kanal pada lingkungan agresif sebagaimana pada penelitian ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BB Litbang SDLP. 2011. *Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Bogor.
- [2] Yuliani, F. 2017. *Pelaksanaan Canal Blocking Sebagai Upaya Restorasi Gambut di Kabupaten Meranti Provinsi Riau*. JOMFISIP, 12(1): 69-84
- [3] Nursuci, I. Q. 2018. *Porositas Beton High Volume Fly Ash (HVFA) Di Air Gambut*. JOMTEKNIK, 5(2): 1-8
- [4] Erlina, N., Yuliani, F. 2017. *Analisis Pembangunan Canal Blocking Sebagai Solusi Pencegahan Kebakaran Lahan Gambut Di Desa Sungai Tohor Kabupaten Kepulauan Meranti*. JOMFISIP, 4(2): 1-15.
- [5] Suryadiputra, I N.N., et al. 2005. *Panduan Penyekatan Parit dan Saluran di Lahan Gambut Bersama Masyarakat. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*. Wetlands International - Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor
- [6] Alfariysi, H., Sutikno, S., Rinaldi. 2020. *Analisis Pembasahan Lahan Gambut akibat Pembangunan Sekat Kanal (Studi Kasus: Desa Lukun, Kabupaten Kepulauan Meranti)*. JURNAL TEKNIK. 14(1) : 45-52

- [7] Aziz, M., Ardha, N. 2006. *Karakterisasi Abu Terbang PLTU Suralaya Dan Evaluasinya Untuk Refraktori Cor*, Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, no.36, Tahun 14, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, ISSN 0854-7890.
- [8] Pelaihari, 2007. *Fly Ash sebagai Substitusi Semen*, Puslitbang Teknologi Mineral dalam Batubara.
- [9] Wardani, S. 2008. *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [10] Acosta, D. 2009. *Pemanfaatan Fly Ash (Abu Terbang) Dari Pembakaran Batubara Pada PLTU Suralaya Sebagai Bahan Baku Pembuatan Refraktori Cor*.
- [11] Anggarwal, V. 2010. *Concrete Durability Through High Volume Fly Ash Concrete*
- [12] Frengki, A., Kamaldi, A., Olivia, M. 2018. *Kuat Tekan Beton OPC Abu Terbang (Fly Ash) di Air Gambut*. JOMFTEKNIK, 5(2): 1-7.
- [13] Pandiangan, J. A., Olivia, M., Darmayanti, L. 2014. *Ketahanan Beton Mutu Tinggi di Lingkungan Asam*. JOMFTEKNIK, 1(1): 1-11.
- [14] Olivia, M, Hutapea, U.A, Sitompul, I.R, Darmayanti, L, Kamaldi, A, and Djauhari, Z, Resistance Of Plain And Blended Cements Exposed To Sulfuric Acid Solution And Acidic Peat Water: A Preliminary Study, 2014, The 6th International Conference of Asian Concrete Federation, Seoul, 2014.
- [15] Wandala Adi Putra, 2020, Ketahanan Beton semen Portland Composite Cement (PCC) di lingkungan gambut Kabupaten Bengkalis.
- [16] Ping, G., Beaudoin, J.J., Min, H. Z., and Malhotra, V.M., Performance of Steel Reinforcement in Portland Cement and High-Volume Fly Ash Concretes Exposed to Chloride Solution, ACI Materials Journal, V. 96, No.5, pp. 551-558, September-October,(1999).
- [17] Pangaribuan, N. 2018. *Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan Dengan Budidaya Tanaman Pangan Dan Sayuran*. Seminar Nasional FMIPA : 329-350
- [18] Dohong, Alue., Cassiophea, L., Sutikno, S., Triadi, BL., Wirada, F., Rengganis, P., dan Sigalingging, L. 2017. *Modul Pelatihan: Pembangunan Infrastruktur Pembasahan Gambut Sekat Kanal Berbasis Masyarakat*, Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia, Jakarta.
- [19] Stoneman, S. dan S. Brooks. 1997. *Conservating Bogs, The Management Handbook*. The Stationary Office Limited. Edinburgh. 16 - 17, 35 - 37.
- [20] Jones, D. A. (1992). *Principle and Prevention of Corrosion*. MacMillan
- [21] Kurniawan W, Dhadhang & Saifullah S, Teuku Nanda, (2012). *Teknologi Sediaan Farmasi*. Unsoed Press, Purwokerto.