

DURABILITAS BETON SEKAT KANAL TERPAPAR AIR GAMBUT DAN AIR LAUT

Rita Yulismawati¹ Monita Olivia^{2*} Edy Saputra³

¹Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Riau

²Program Studi Magister Teknik Kimia Universitas Riau

Email: manda.narayan@gmail.com, [*monita.olivia@lecturer.unri.ac.id](mailto:monita.olivia@lecturer.unri.ac.id) (corresponding author), edysaputra_eng@yahoo.com

ABSTRAK

Sekat kanal (*canal blocking*) merupakan salah satu upaya teknik pembasahan gambut karena terjadinya penurunan muka air tanah berlebihan serta dapat mengantisipasi kebakaran di lahan gambut. Namun pada bagian hilir lahan gambut, sekat kanal juga berhubungan langsung dengan air laut disisi lainnya. Dengan mendapatkan dua serangan (*dual attack*) sehingga perlunya menggunakan beton berdurabilitas tinggi, salah satunya dengan memakai pozzolan berupa abu terbang (*Fly Ash*) untuk menghasilkan beton bermutu tinggi. Pada penelitian ini, mutu beton direncanakan yaitu $f_c' = 35$ Mpa, dengan menggunakan semen tipe *Portland Composite Cement* (PCC) dengan variasi 0% FA sebagai kontrol dan memakai 30% FA dari berat semen dan faktor air semen (fas) sebesar 0,32. Setelah mendapatkan perawatan dengan air normal selama 28 hari, kemudian disimulasikan dengan merendam pada tiga bak perendaman yang berbeda yaitu dengan air gambut, air larutan NaCl sebesar 3,5% serta pencampuran air gambut dan NaCl. Hasil menunjukkan beton PCC pada umur 0 hari perendaman kuat tekan sudah mencapai pada mutu yang direncanakan tetapi mengalami kenaikan dan penurunan kuat tekan. Pada beton PCC-FA pada umur 0 hari perendaman belum mencapai pada mutu beton yang direncanakan tetapi seiring dengan lama nya perendaman dengan 3 jenis air, mutu beton masih terus mengalami kenaikan sampai pada umur 56 hari dan pada 91 hari baru mengalami penurunan kuat tekan. Hasil UPV pada beton PCC dan PCC-FA selama 56 hari disetiap rendaman masih memiliki kerapatan beton yang sangat bagus namun, di 91 hari perendaman mengalami penurunan, dan secara pengamatan visual, penetrasi asam belum terjadi pada beton tipe PCC dan tipe PCC-FA.

Kata kunci: air gambut, air laut, sekat kanal, *dual attack*, durabilitas beton

DURABILITY OF CANAL BLOCKING IS EXPOSED TO PEAT WATER AND SEA WATER

ABSTRACT

Canal blocking is one technique for wetting peat due to excessive drop in groundwater levels and can anticipate fires in peatlands. However, in the downstream part of the peatlands, canal blocks are also directly connected to seawater on the other side. By getting dual attacks, it is necessary to use high-durability concrete, one of which is using Pozzolan in the form of fly ash to produce high-quality concrete. In this study, the quality of the concrete was planned, namely $f_c' = 35$ Mpa, using Portland Composite Cement (PCC) type cement with a variation of 0% FA as control and using 30% FA of cement weight and a cement water factor (fas) of 0.32. After getting treatment with normal water for 28 days, then simulated by soaking in three different soaking tubs, namely with peat water, 3.5% NaCl solution water and mixing peat water and NaCl. The results showed that the PCC concrete, at the age of 0 days of immersion, the compressive strength had reached the planned quality but experienced an increase and decrease in compressive strength. In PCC-FA concrete, at the age of 0 days, the immersion has not reached the designed concrete quality, but along with the length of immersion with three types of water, the quality of the concrete continues to increase until the age of 56 days and at 91 days the compressive strength decreases. UPV results on PCC and PCC-FA concrete for 56 days in each immersion still have a good concrete density. However, in 91 days of immersion, the density has decreased. Visually, acid penetration has not occurred in PCC type and PCC-FA type concrete.

Keywords: peat water, sea water, canal blocking, dual attack, durability

1. PENDAHULUAN

Pulau Sumatera memiliki lahan gambut yang hampir mendekati 60,1% berada di Provinsi Riau atau mencapai 3.867.414 ha [3]. Kelemahan yang dimiliki gambut yaitu tingginya kandungan organik dan kadar airnya namun memiliki pH dan daya dukung yang rendah.

Seiring berkembang pesatnya pembangunan, banyak pembukaan lahan dan perkebunan dengan cara membakar lahan gambut dan membuat kanal-kanal. Pembangunan kanal saluran secara besar-besaran pada ekosistem lahan gambut akan berpengaruh pada proses pengeringan lahan dilingkungan gambut secara berlebihan (*over drainage*). Muka air gambut (*ground water table*) yang turun pada lahan gambut akan berakibat pada proses oksidasi atau peningkatan kandungan oksigen, terjadinya proses pengamblesan, dan terjadinya potensi bahaya kebakaran lahan. Provinsi Riau tercatat terjadi kebakaran setiap tahun, hingga tahun 2016 mencapai 3.218 Ha. Saat ini Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia (BRG-RI) mempunyai program 3-R yang bertujuan mengatasi hal tersebut yaitu program pembasahan, revegetasi dan revitalisasi mata pencarian untuk restorasi lahan gambut di Indonesia. Salah satu upaya dalam teknik pembasahan gambut adalah pembuatan sekat kanal (*canal blocking*) karena terjadinya penurunan muka air tanah berlebihan akibat pembuatan saluran drainase, dapat mengantisipasi kebakaran di lahan gambut, dan menjadi strategi pengelolaan lahan gambut dengan restorasi lahan gambut. Hasi penelitian [28]. Selain itu dengan menaikkan kapasitas penyimpanan air dapat mencegah penurunan permukaan air dan tetap memiliki lahan gambut yang basah sehingga kebakaran lahan akan sulit terjadi dan tersedia nya sumber air yang dapat dipergunakan.

Bangunan konstruksi sekat kanal yang biasa digunakan saat ini adalah yang terbuat dari kayu maupun beton akan mudah rusak jika berada di air gambut yang bersifat asam. Senyawa asam pada air gambut yang bereaksi dengan beton dapat merusak selimut beton sehingga menimbulkan penurunan kuat tekan dan pada beton dan baja tulangan dikonstruksi dapat terjadinya korosi. Menurut [23] yang mempengaruhi ketahanan beton dilingkungan asam adalah karakteristik pori beton, kemampuan matriks semen untuk menetralkan asam dan hasil reaksi (produk) korosi akibat asam

Beton pada Bagian Hilir Sekat Kanal (*Canal Blocking*)

Pada bagian hilir lahan gambut, sekat kanal juga berhubungan langsung dengan air laut disisi lainnya, yang mana skema kerusakan yang terjadi pada beton ketika beton terendam air laut adalah garam akan masuk ke dalam rongga kapiler beton dan ketika air laut meninggalkan beton dalam kondisi surut, maka air akan menguap ke udara dan meninggalkan garam pada rongga kapiler beton. Setelah itu garam akan berdifusi ke dalam rongga beton dan terjadi korosi yang dapat menyebabkan pelapukan pada tulangan beton dan lepasnya material [18]. Selain reaksi kimia, kehancuran beton dapat terjadi karna adanya tekanan kristalisasi yang terjadi pada rongga beton [29].

Beton dilingkungan asam sebaiknya dirancang memiliki kekuatan tinggi, kedap air dan durabilitas tinggi, karena beton dengan struktur pori yang baik memiliki kemampuan meloloskan air yang rendah sehingga ion-ion asam sulit masuk. pada penelitian [19] beberapa material pozzolanik seperti *fly ash* (FA), *silica fume*, *Palm Oil Fuel Ash* (POFA), dan abu sekam serta menggunakan semen yang memiliki kandungan kalsium yang rendah dalam beton dapat dilakukan sebagai cara untuk perbaikan beton dilahan gambut. Pemakaian *low calcium fly ash* sebagai pengganti semen sebanyak 20-30% menurut [30] akan meningkatkan kemampuan *sulphate resistance* pada beton. Penggunaan beton pracetak mutu tinggi sangat direkomendasikan pada struktur asam [9].

Strategi pembangunan sekat kanal (*canal blocking*) pada daerah hilir lahan gambut harus menggunakan beton berdurabilitas tinggi karena akan menghadapi serangan asam dari air gambut dan serangan klorida dari air laut. sulfat dan klorida yang terkandung didalam senyawa air gambut dapat merusak beton, dan air laut akan melakukan serangan garam yang akan mempengaruhi sifat fisik dan kimia. Campuran ini akan menyerang dan menyebabkan korosi di beton. Kuat tekan beton yang semakin rendah juga dapat dipengaruhi dari tinggi perendaman air gambut, [6].

Untuk itu perlu dilakukan penelitian sekat kanal (*canal blocking*) precast yang memiliki kekuatan dan berdurabilitas agar struktur tersebut tahan lama dan memiliki masa layan yang panjang pada air gambut dan air laut.

Durabilitas Beton

Durabilitas beton dengan semen Portland menurut ACI Committee 201 adalah sebagai kemampuannya untuk melawan aksi pelapukan, serangan kimia, abrasi, atau proses kerusakan lainnya. Selain itu, beton tahan lama akan mempertahankan bentuk aslinya, kualitas, dan kemudahan servis ketika terkena lingkungan layanan yang dimaksud [14], durabilitas beton dapat didefinisikan kekuatan beton dalam mempertahankan bentuk asli dan kualitas ketika berada pada lingkungan yang ekstrem. Salah satu kebutuhan dalam bidang konstruksi adalah durabilitas beton yaitu beton harus tahan dan kuat dalam segala serangan, terlebih pada konstruksi yang bisa terpapar langsung dampak dari iklim seperti pembangunan di tepi laut. Pendapat dari [15] bahwa durabilitas beton harus mempunyai perilaku yang berprinsip pada kekuatan kinerja terhadap berbagai iklim bukan hanya berakhir pada kata-kata "hebat" atau "lebih baik".

Salah satu lingkungan yang memungkinkan adalah lingkungan air laut karena air laut ini mengandung magnesium sulfat. Untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan dengan mengganti sebagian semen dengan zat pozolonik. Pozzolan adalah bahan yang berbentuk halus yang mengandung senyawa silica alumina, memiliki sifat tidak mengikat namun dengan penambahan air senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida dan membentuk senyawa kalsium silica hidrat dan kalsium hidrat yang bersifat hidraulik serta mempunyai angka kelarutan yang rendah. Penggunaan bahan pozzolan seperti abu terbang menurut [8] dapat mengurangi ukuran pori, menjadi beton lebih padat dan pada akhirnya mengurangi permeabilitas beton karena reaksi pozzolan antara silica pada bahan tambah dengan $Ca(OH)_2$ dari semen Portland dapat meningkatkan stabilitas matriks semen sehingga mempengaruhi struktur pori

2. METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Komponen beton terdiri dari semen, agregat baik yang kasar dan halus, air, dan bahan tambah. Pada penelitian ini menggunakan semen tipe *Portland Composite Cement* (PCC) berasal dari PT. Semen Padang sebagai bahan pengikat beton. Agregat kasar dari Pangkalan, Sumatera Barat dan menggunakan agregat halus yang berasal dari Teratak Buluh, Kampar, Riau. Bahan tambah dengan memakai *fly ash* (FA) dalam campuran beton yang ambil dari PLTU Tenayan Raya, Riau. Untuk perendaman menggunakan 3 (tiga) jenis air yaitu air gambut yang diambil dari Siak, Riau dan

air larutan NaCl konsentrasi 3,5% dan campuran air gambut dan larutan NaCl.

Pada Tabel 1 dapat dilihat komposisi kimia yang terkandung pada semen PCC menurut Salain, 2009, serta komposisi kandungan *fly ash* (FA) yang diambil dari PLTU Tenayan Raya, Riau. Pengujian kandungan air gambut yang digunakan dilakukan untuk mengetahui karakteristik air gambut dari Siak, Riau yang dilakukan pada Laboratorium Sucofindo, Pekanbaru. Tabel 2 merupakan hasil dari pengujian karakteristik air gambut dari Siak, Riau.

Tabel 1. Properti kimia dan Fisik Semen PCC dan *Fly Ash* (FA)

Unsur (%)	PCC	FA
Al ₂ O ₃	7,40	21,87
CaO	57,38	11,17
SiO ₂	23,04	41,21
Fe ₂ O ₃	3,36	16,48
MgO		2,45
Na ₂ O		1,48
K ₂ O		0,87
TiO ₂		1,33
MnO ₂		0,26
P ₂ O ₅		0,46
SO ₃		1,5
Kehalusan	2	
Berat Isi (Kg/l)	1,15	

Tabel 2. Karakteristik air gambut dari Siak, Riau

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
A	Fisika		
1	Warna	Skala TCU	731
2	Daya Hantar Listrik	μs/cm	0,112
B	Kimia Anorganik		
1	Ph		3,08
2	Zat Organik sebagai KMnO ₄	mg/L	6,95
3	Sulfat	mg/L	40,2

Benda Uji

Berikut jenis pengujian yang akan dilakukan, juga bentuk dan jumlah benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Benda uji (sampel) beton tipe PCC dan PCC-FA

Variasi FA	Pengujian	Bentuk Sampel (mm)	Jumlah Sampel	Umur Pengujian
0 %	Kuat Tekan	Silinder 105x210	36	0, 28, 56, 91
	Penetrasi Asam	Kubus mortar 50x50	36	0, 28, 56, 91
	UPV	Silinder 105x210	36	0, 28, 56, 91
30 %	Perubahan Berat	Kubus 100x100	12	0, 28, 56, 91
	Kuat Tekan	Silinder 105x210	36	0, 28, 56, 91

Penetrasi Asam	Kubus mortar 50x50	36	0, 28, 56, 91
UPV	Silinder 105x210	36	0, 28, 56, 91
Perubahan Berat	Kubus 100x100	12	0, 28, 56, 91

Komposisi Benda Uji

Penelitian ini direncanakan dengan susunan komposisi campuran beton yang dipaparkan pada Tabel 4. Besaran komposisi seluruh campuran pada penelitian ini dengan menggunakan metode ACI 318-14 sehingga bisa dijadikan pedoman pada perencanaan campuran beton.

Tabel 4. Susunan Campuran Beton FAS 0,32

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

Proses Pembuatan Benda Uji

Benda uji (sampel) penelitian memiliki kuat terencana sebesar 35 Mpa. Sampel berbentuk silinder dengan dimensi 105 x 210 mm untuk pengujian kuat tekan dan UPV, benda uji yang berbentuk kubus dengan dimensi 100 x 100 mm digunakan untuk pengujian perubahan berat dan memakai cetakan kubus mortar 50 x 50 mm pada benda uji untuk pengujian penetrasi asam.

Proses pembuatan benda uji dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Universitas Riau. Material ditimbang sesuai dengan komposisi yang dibutuhkan. Agregat yang digunakan berada dalam kondisi SSD (*Surface Saturated Dry*). Abu terbang yang digunakan berada pada kondisi kering dan lolos ayakan No. 200. Material dimasukkan satu persatu ke dalam mesin pencampur (*mixing concrete*). Material yang dimasukkan berurutan dari agregat kasar, agregat halus, abu terbang dan semen. Jika campuran telah merata masukkan air yang telah sesuai komposisi secara perlahan. Kemudian tunggu beton segar tercampur merata. Sekitar 5 hingga 10 menit, pencampuran selesai dan dilakukan proses uji *workability* atau *slump*. Dilanjutkan proses memasukkan campuran beton substitusi semen segar ke dalam cetakan yang telah disediakan dengan tiga lapisan sama tebalnya. Kemudian pada setiap lapisan dilakukan pemadatan dengan tongkat sebanyak 25 kali tusukan atau lebih.

Sehari kemudian cetakan benda uji dapat dilepas dan dilakukan perawatan (*curing*) pada air normal biasa selama 28 hari. *Curing* adalah suatu proses untuk menjaga tingkat kelembaban dan temperature ideal beton supaya tidak terhidrasi secara berlebihan serta menjaga terjadinya hidrasi yang berkelanjutan, hal ini dilakukan guna

mencegah penguapan yang berlebihan oleh beton tersebut, dengan membuat keadaan lingkungan yang lembab lebih memudahkan proses *curing*.

Metode Perendaman Beton

Beton yang telah dilakukan *curing* selama 28 hari dengan air normal, kemudian di rendam kembali pada tiga jenis air perendaman yaitu : air gambut, air larutan NaCl dan campuran air gambut dan air larutan NaCl selama umur pengujian yang direncanakan yaitu 0, 28, 56 dan 91 hari. Gambar 1 (a) bak perendaman air gambut (b) bak perendaman air larutan NaCl (c) bak perendaman air campuran gambut dan NaCl.



Gambar 1 (a) Gambar 1 (b) Gambar 1 (c)

Pengujian

a. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan [24] yang mengambil sebagian kecil adukan beton yang akan dipakai untuk penelitian. Hasil pengujian ini biasanya digunakan pada pekerjaan perencanaan campuran beton dan atau pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembeconan. Besarnya gaya tekan yang ditunjukkan pada mesin uji tekan (*compression testing machine*) yang menyebabkan benda uji retak atau hancur dibagi dengan satuan luas benda uji akan menghasilkan nilai kuat tekan beton.

Menurut [27] kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan yang dapat dilihat pada gambar 2 (a) dan gambar 2 (b) adalah benda uji yang telah hancur setelah dilakukan pengujian kuat tekan.

Berdasarkan rumus berikut, dapat dihitung besarnya kuat tekan beton dengan menghitung besarnya gaya tekan yang berikan dibagi luas permukaan benda uji :

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dengan : f'_c = kuat tekan beton (N/mm² atau MPa)
 P = beban tekan (N)
 A = luas permukaan benda uji (mm²)



Gambar 2 (a)

Gambar 2 (b)

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. Dibandingkan dengan material baja, kuat tekan beton lebih tinggi hal ini sangat dipengaruhi dari kualitas beton yang mempunyai tugas dalam menahan beban yang direncanakan.

Sejalan dengan bertambahnya umur beton bahkan selama 365 hari, nilai kuat tekan pada beton *High Volume Fly Ash* (HVFA) justru bertambah, namun semakin perlu diperhatikan jumlah besaran *fly ash* yang digunakan dalam kombinasi tersebut, sehingga mengakibatkan berkurangnya kuat tekan beton [5].

b. Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Mutu integritas beton dapat diidentifikasi dengan dilakukan pengujian UPV yang memakai pendekatan rambatan gelombang ultrasonic. [31] Pengujian UPV yang diekspresikan secara teratur digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan bagian dalam dan berbagai deformitas mengingat perubahan pada semen seperti pembusukan semen karena iklim senyawa yang kuat atau pembekuan dan pencairan. Selain itu, untuk mengukur kekuatan benda uji beton atau beton di lapangan dapat dilakukan dengan metode kecepatan pulsa karena teknik ini memanfaatkan gelombang mekanis yang tidak merusak elemen yang dicoba.

UPV bekerja dengan memberikan vibrasi gelombang longitudinal melalui transduser elektroakustik, menggunakan *couplant* sebagai gel atau

pelumas, yang oleskan pada permukaan benda uji beton sebelum pengujian dimulai. Gel ini berfungsi menjadikan antar permukaan beton dan transduser tidak memiliki rongga serta menjadikan gelombang yang diberikan dapat menyebar sempurna. Pada waktu gelombang muncul melalui berbagai media, yaitu *couplant* dan semen tertentu, pada *couplant* dan batas beton akan terdapat pantulan gelombang yang menyebar sebagai gelombang longitudinal (gelombang P) dan gelombang geser (gelombang S). Gelombang geser muncul berlawanan arah, dan gelombang longitudinal menyebar sesuai arah. Gelombang longitudinal merupakan hal utama yang sampai pada transduser penerima, dan mengubahnya menjadi sinyal gelombang elektronik. Pengujian UPV dapat dilihat pada Gambar 3.

Tujuan dari pengujian UPV ini untuk mengetahui nilai kualitas beton tanpa melakukan pengrusakan pada beton dengan menghitung kecepatan gelombang elektronik longitudinal:

$$V = \frac{L}{T} \quad (1)$$

Dengan : V = Kecepatan gelombang longitudinal (km/detik atau m/detik)

L = Panjang lintasan beton yang dilewati (km, m)

T = Waktu tempuh gelombang longitudinal ultasonik

Pada Tabel 5 dapat dilihat hubungan kecepatan gelombang dengan kualitas beton sebagaimana penelitian yang telah dilakukan Whitehurst dalam [10].



Gambar 3. Pengujian UPV

Tabel 5. Kualifikasi beton berdasarkan cepat rambat gelombang

Kecepatan Cepat Rambat Gelombang (m/s)	Kualitas Beton
>4500	Sangat bagus
3500 – 4500	Bagus
3000 – 3500	Diragukan

2000 – 3000	Jelek
< 2000	Sangat jelek

c. Pengamatan visual Penetrasi Asam

Pengujian penetrasi asam melalui cara pengamatan visual ini bertujuan untuk melihat perubahan warna pada bagian permukaan beton sebelum dan setelah perendaman pada lingkungan agresif sehingga dapat menjadi indikator dalam kualitas beton. Perubahan warna dan tekstur permukaan benda uji yang terjadi adalah reaksi antara asam dan beton. Walaupun hanya menggambarkan kerusakan beton secara kualitatif, serangan asam yang terjadi pada mortar atau beton dapat dipakai untuk membedakan jenis kerusakannya [11].

Secara umum kerusakan yang diamati pada benda uji yang direndam pada air gambut, akan terlihat perbedaan tingkat kerusakan yang terjadi jika dibandingkan dengan air biasa sebagai rendaman. Benda uji yang direndamkan pada air gambut akan mengalami perubahan warna menjadi kuning gelap setara dengan lamanya umur perendaman. Kerusakan fisik beton pada rendaman air gambut lebih terlihat pada sisi bagian atas dan bawah beton. Fenomena ini terjadi akibat ion-ion asam yang menyerang beton melalui pori-pori beton tersebut merusak ikatan pasta semen. Masih menurut [11] lamanya beton maupun mortar yang terendam dalam larutan berhubungan langsung pada kedalaman zona kerusakan

Pengujian penetrasi asam yang dilakukan secara pengamatan visual ini diberikan pada umur benda uji yang telah di rendam pada 0, 28, 56 dan 91 hari dengan menyempatkan larutan *phenolptalein* terlebih dahulu. Warna yang menjadi tolak ukur pada pengujian penetasi asam adalah kuning dan bening, jika warna yang didapat kuning maka beton dapat disimpulkan tidak terserang asam dan sebaliknya jika yang diperoleh warna bening. Benda uji yang digunakan pada pengujian ini berbentuk kubus 10x10x10 cm.

Prosedur pengujian dilakukan dengan membelah bagian tengah benda uji kemudian, beton dibelah mengikuti alur yang telah dibuat mesin potong gerinda sedalam ± 2 mm lalu dibelah sepenuhnya dengan alat pahat. Setelah mendapatkan dua bagian beton, beton disempatkan dengan larutan *phenolptalein* secara merata pada bagian yang telah dipotong. Lalu amati perubahan warna yang terjadi.

d. Perubahan Berat

Berdasarkan [2] perubahan berat disebabkan kandungan kimia alami dari tipe material tertentu. Hasil dari pengujian mengindikasikan material tertentu akan mencapai berat tetap atau mengalami perubahan berat sesuai dengan progres waktu

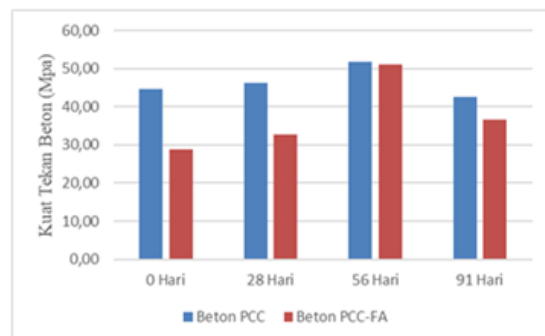
pengujian. Data yang diperoleh dari pengujian berat tersebut dapat dalam bentuk grafik untuk melihat penurunan kehilangan massa selama umur pengujian.

Pengukuran perubahan berat dilakukan dengan mencatat berat awal beton, kemudian berat beton umur 0, 28, 56, dan 91 hari. Beton kering permukaan ditimbang dan dikembalikan ke dalam wadah perendaman. Pengukuran berikutnya sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

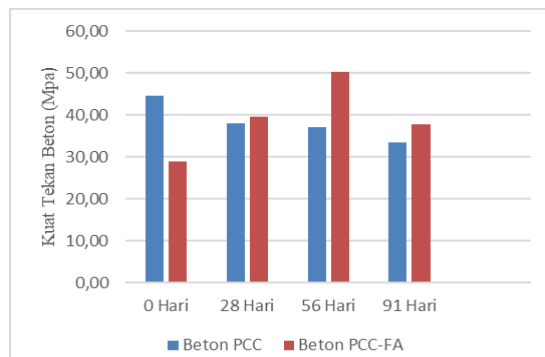
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan Beton PCC dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini yang telah dilakukan perendaman air gambut pada 0, 28, 56 dan 91 hari umur perendaman, telah melebihi dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 44,65 Mpa. Beton PCC yang direndam air gambut selama 28 hari mengalami kenaikan 3,36% dan setelah 56 hari masih mengalami kenaikan sebesar 15,86%, tapi pada perendaman 91 hari terjadi penurunan sebesar 4,7%. Pada beton PCC-FA mengalami kenaikan sebesar 12,93% pada 28 hari perendaman, kemudian pada 56 dan 91 hari perendaman juga masih terus mengalami kenaikan sebesar 76,80% dan 26,53%.



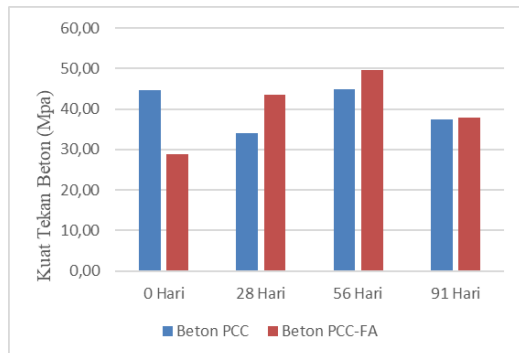
Gambar 4. Kuat tekan Beton Perendaman Air Gambut



Gambar 5. Kuat tekan Beton Perendaman Larutan NaCl

Pada gambar 5 kuat tekan beton tipe PCC yang direndam air larutan NaCl selama 28, 56 dan 91 hari terus mengalami penurunan sebesar 15,31

%, 17,24%, dan 24,91%. tapi pada beton PCC-FA beton yang direndam selama 28, 56 dan 91 hari tetap mengalami kenaikan sebesar 37,13%, 74,40% dan 30,87%.



Gambar 6. Kuat tekan Beton Perendaman Air gambut dan Larutan NaCl

Pada gambar 6 kuat tekan beton tipe PCC yang direndam campuran air gambut dan larutan NaCl selama 28 hari mengalami penurunan sebesar 23,66% namun pada 56 hari perendaman terjadi kenaikan sebesar 0,34% dan pada 91 hari terjadi penurunan Kembali sebesar 15,95%. Namun pada beton PCC-FA pada 0 hari kuat tekan masih belum mencapai pada kuat tekan yang direncanakan namun setelah direndam selama 28, 56 dan 91 hari beton terus mengalami kenaikan sebesar 51,07%, 71% dan 30,87%.

Dari hasil pengujian diatas, kuat tekan beton PCC-FA pada 0 hari masih belum mencapai pada kuat tekan yang direncanakan yaitu 35 Mpa. Pada penelitian [21] dengan adanya kandungan material pozzolan yang tinggi dalam campuran beton menyebabkan penundaan pengembangan kekuatan pada tahap awal dengan lambatnya transformasi matriks. Kekuatan awal beton ditentukan oleh kecepatan pembentukan matriks pada beton, termasuk juga ketahan beton pada lingkungan gambut.

Menurut [17], karena kandungan pozzolan yang terdapat pada PCC yang digunakan, maka beton akan mengalami peningkatan kuat tekan jika terpapar air gambut hingga umur 150 hari perendaman.

Pada rendaman air larutan NaCl kuat tekan beton mengalami penurunan. Sesuai menurut (Bryan., 1964, dalam [7]) dengan naiknya kuat tekan beton sebagai tanda awal dari serangan garam sulfat dari *Calcium cloroaluminat* (garam Friedls) karena dapat mengembangkan beton. Jika meresap masuk ke pori-pori beton dalam keadaan mengembang menjadikan desakan yang padat pada rongga-rongga beton sehingga jika dilakukan pengujian kuat tekan akan menghasilkan nilai yang tinggi namun seiring dengan lamanya waktu perendaman desakan pada rongga-rongga beton semakin padat sehingga beton mengalami tekanan

yang besar, hal ini lah yang menjadikan turun nya nilai pengujian kuat tekan beton.

Kuat tekan beton pada rendaman campuran air gambut + larutan NaCl, sampai perendaman selama 56 hari masih terus mengalami peningkatan, ini sesuai dengan hasil percobaan [32] menunjukkan bahwa keberadaan sulfat dalam larutan campuran air gambut + larutan NaCl meningkatkan ketahanan terhadap masuknya klorida menjadi beton pada periode pemaparan awal, tetapi pertentangan pada periode pemaparan terakhir. Untuk kerusakan beton, kehadiran klorida dalam larutan campuran mengurangi kerusakan beton akibat sulfat. Penambahan abu terbang dapat secara signifikan meningkatkan ketahanan terhadap masuknya klorida ke dalam beton dan ketahanan terhadap erosi sulfat ketika jumlah yang sesuai dari penambahan abu terbang dan air-ke-pengikat (water/binder) yang rendah digunakan

Pada penelitian Swastika (2010) pada [12] dimana kuat tekan menurun selama umur perendaman. Hal ini dikarenakan didalam semen terkandung senyawa C_2S , C_3S , C_3A , C_4AF . C_3A (*trikalsium aluminat*) yang terkandung pada air laut seperti ion klorida dan sulfat merupakan salah satu senyawa yang terdapat dalam semen yang rentan terhadap serangan kimia sehingga dapat menyebabkan kuat tekan beton menurun. Hal tersebut juga mengakibatkan pengeroposan pada beton sehingga $CaCl_2$ dan $CaSO_4$ dengan mudah larut .

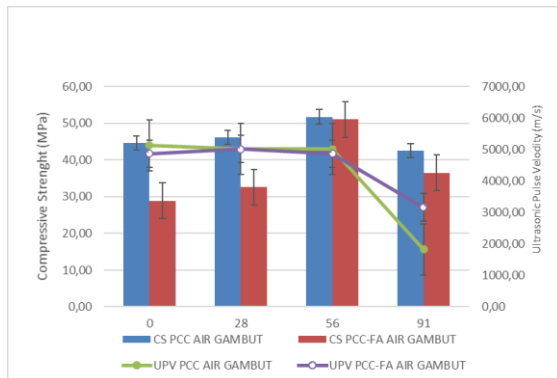
Sesuai dengan penelitian yang terdahulu menurut [8], [13] bahwa kuat tekan semen dengan tambahan maupun penggantian pozzolan, pada umur awal akan lebih rendah dari nilai kuat tekan semen OPC. Kuat tekan beton tipe PCC dan tipe PCC-FA akan bertambah seiring dengan umur beton, hal ini menyebabkan proses hidrasi yang mempengaruhi kekuatan beton atau pembentukan CSH yang lambat karena efek dari reaksi pozzolanik [1].

Pada proses hidrasi semen yang menghasilkan senyawa *Calcium Silicate Hydrate* (CSH), namun jika terserang asam dan karena memiliki sifat perekat dan angka kelarutan tinggi, *Kalsium Hidroksida* ($Ca(OH)_2$) menghasilkan gypsum. Kemudian terjadilah *ettringite* jika CSH bereaksi dengan gypsum [8]. Pozzolan pada semen PCC dan *Silika* pada *Fly Ash* (FA) mereduksi ($Ca(OH)_2$) dan CSH, sehingga dapat mencegah kerusakan beton akibat serangan asam dan serangan klorida (*dual attack*).

Korelasi hubungan UPV dan Kuat Tekan

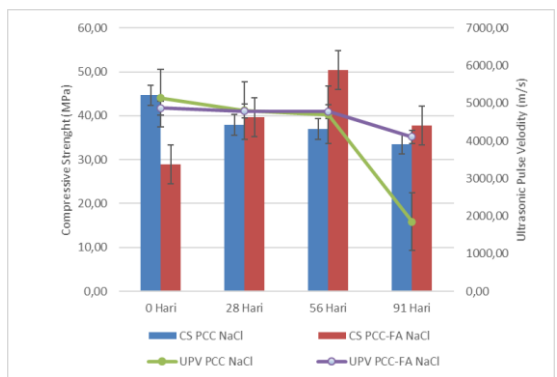
Pengujian UPV berfungsi untuk mengetahui keseragaman kualitas beton, mengetahui kualitas struktur beton, mengetahui kekuatan tekan beton

dan menghitung modulus elastisitas dan koefisien *Poisson* beton [10].



Gambar 7. UPV dan Kuat tekan Beton tipe PCC dan tipe PCC-FA rendaman air gambut

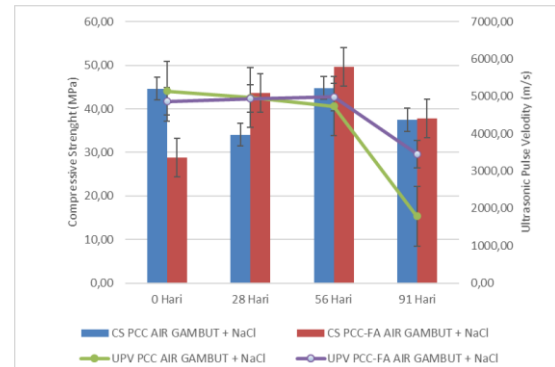
Dari hasil pengujian UPV beton tipe PCC dan tipe PCC-FA pada gambar 7, benda uji yang telah dilakukan perendaman air gambut selama 0, 28 dan 56 hari masih memiliki kualitas beton sangat bagus > 4500 m/s tapi setelah perendaman selama 91 hari kualitas beton PCC menjadi sangat jelek menjadi 1823 m/s dan pada beton PCC-FA menjadi kualitas beton diragukan dengan kerapatan sebesar 3160 m/s. Hal ini terjadi kualitas beton sudah mulai menurun seiring dengan lamanya beton direndam dengan air gambut.



Gambar 8. UPV dan Kuat tekan Beton tipe PCC dan tipe PCC-FA rendaman larutan NaCl

Pada gambar 8, pengujian UPV pada beton tipe PCC dan tipe PCC-FA yang direndam pada larutan NaCl sampai umur beton 56 hari perendaman masih memiliki kualitas yang sangat bagus > 4500 m/s namun setelah 91 hari perendaman kualitas nya menjadi sangat jelek, kerapatan menjadi 1850 m/s hal ini juga seiring dengan kuat tekan beton yang semakin berkurang. Namun pada beton PCC-FA setelah 91 perendaman kualitas beton masih menjadi bagus dengan nilai 4104 m/s. Larutan NaCl yang masuk kedalam pori-pori beton dapat menyebabkan beton

menjadi keropos sehingga mengurangi kerapatan dari beton.



Gambar 9. UPV dan Kuat tekan Beton tipe PCC dan tipe PCC-FA rendaman larutan NaCl

Pada gambar 9, pengujian UPV pada beton tipe PCC dan tipe PCC-FA yang direndam pada campuran air gambut dan larutan NaCl sampai umur beton 56 hari perendaman masih memiliki kualitas yang sangat bagus dengan nilai kerapat beton > 4500 m/s namun setelah 91 hari perendaman kualitas nya menjadi sangat jelek menjadi 1788 m/s untuk beton PCC dan bagus untuk beton PCC-FA dengan nilai kerapatan 3456 m/s.

Pada [4] permeabilitas pada beton menjadi rendah yang menyebabkan lebih padatnya matriks semen jika pada campuran beton dilakukan penambahan mineral.

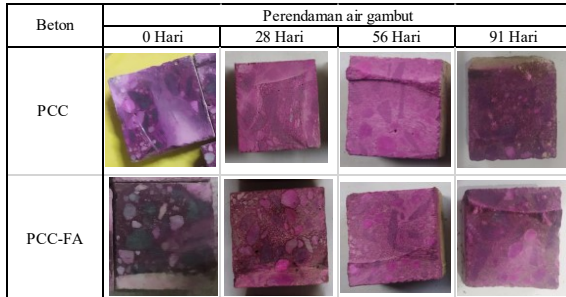
Dari grafik dapat dilihat hasil dari kuat tekan berhubungan dengan kerapatan beton. Semakin tinggi nilai kuat tekan maka, nilai UPV juga semakin tinggi dan kualitas beton sangat bagus.

Pengamatan Visual Penetrasi Asam

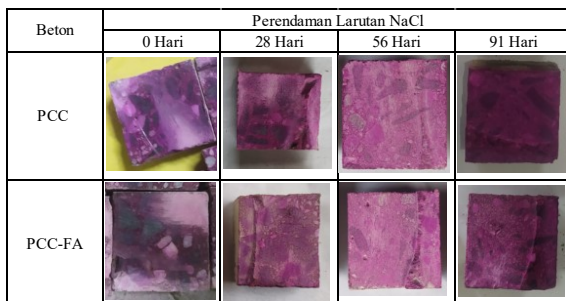
Mengetahui penetrasi asam yang terjadi dengan melakukan pengamatan visual ini akan menunjukkan perubahan warna pada permukaan beton, kerusakan, misalnya, retak tepi pada beton dan perubahan yang tampak seperti permukaan beton setelah terpapar air yang bersifat asam. Reaksi penetrasi asam yang terjadi dapat mempengaruhi warna dan permukaan beton. Benda uji beton akan berubah menjadi warna ungu kemerahan (magenta) jika beton tsb bersifat basa dan akan tidak berubah warna (bening) jika beton tsb telah tersrang asam dan bersifat asam.

Pada hasil pengujian beton tipe PCC dan tipe PCC-FA yang di rendam dengan air gambut, larutan NaCl dan campuran air gambut + larutan NaCl pada umur perendaman 0, 28, 56 dan 91 hari pada gambar 10, 11 dan 12 menunjukkan beton berwarna ungu kemerahan (magenta) hampir seluruh permukaan bagian inti dalam benda uji sehingga dapat disimpulkan serangan asam belum

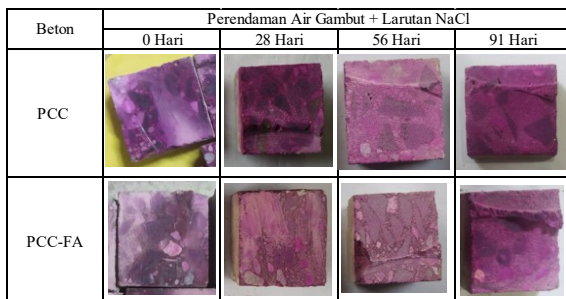
terjadi terjadi pada beton benda uji hal ini karena beton benda uji memiliki mutu yang tinggi dan memiliki kerapatan yang tinggi juga karena pori-pori beton telah terisi oleh *Fly Ash* yang digunakan.



Gambar 10. Penetrasi Asam pada PCC dan PCC-FA pada rendaman air gambut



Gambar 11. Penetrasi Asam pada PCC dan PCC-FA pada rendaman Larutan NaCl

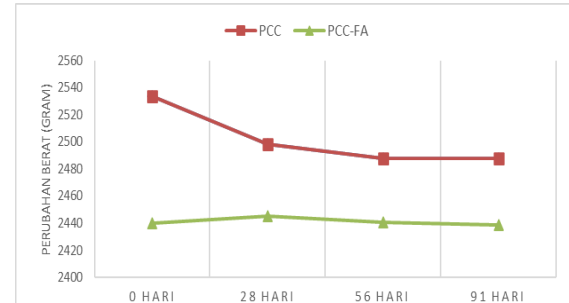


Gambar 12. Penetrasi Asam pada PCC dan PCC-FA pada rendaman air gambut + Larutan NaCl

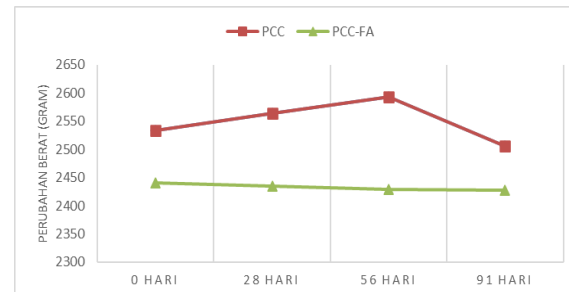
Perubahan Berat

Pada gambar 13 dapat dilihat hasil pengujian perubahan berat beton yang direndam dengan air gambut, beton tipe PCC terus mengalami penurunan berat sampai pada hari ke 91 sebesar 1,8%. Sedangkan pada beton tipe PCC-FA berat beton terus bertambah sebesar 0,22% pada hari ke 28, penambahan 0,04% pada ke 56 namun terjadi penurunan sebesar 0,04% pada hari ke 91. Dari reaksi rendaman air gambut dan beton ini akan memberikan efek lemah dan melepaskan ikatan antar partikel pada beton yang menyebabkan pengrusakan pelepasan ikatan antar partikel sehingga penurunan itu terjadi dan mengurangi

dari massa beton benda uji itu sendiri. Namun dengan penambahan *fly ash* pada beton benda uji, menjadikan ikatan antar beton menjadi lebih kuat sehingga reaksi dari efek rendaman air gambut tidak terlalu mempengaruhi perubahan beratnya.

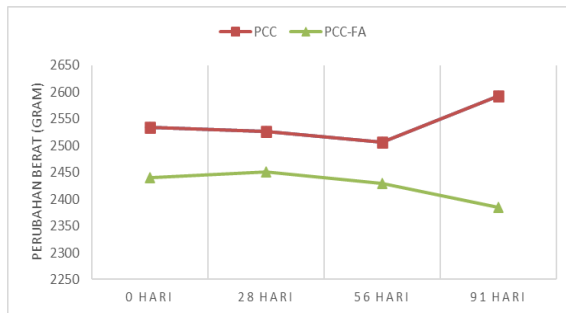


Gambar 13. Perubahan berat pada beton tipe PCC dan tipe PCC-FA pada rendaman air gambut



Gambar 14. Perubahan berat pada beton tipe PCC dan tipe PCC-FA pada rendaman larutan NaCl

Hasil pengujian perubahan berat beton yang direndam pada larutan NaCl yang terlihat pada gambar 14, untuk beton PCC masih terus mengalami penambahan berat sebesar 2,34% pada 28 hari perendaman dan menurun sebesar 1,09% pada perendaman 91 hari. Reaksi rendaman larutan NaCl pada benda uji beton PCC akibat dari adanya serangan asam sulfat. Jika meresap masuk ke pori-pori beton dalam keadaan mengembang menjadikan desakan yang padat pada rongga-rongga beton sehingga jika dilakukan berpengaruh pada peningkatan massa beton benda uji, namun seiring dengan lamanya perendaman, *garam Friedls* masuk ke dalam pori hingga memadatkan rongga di dalamnya, sehingga mengurangi massa beton benda uji tersebut. Namun pada beton PCC-FA, justru hanya mengalami penurunan berat sampai 91 hari sebesar 0,49% hal ini dikarenakan beton yang mengandung pozzolan, yang menjadikan beton berkualitas tinggi dapat mencegah serangan sulfat yang terjadi pada rendaman larutan NaCl.



Gambar 15. Perubahan berat pada beton tipe PCC dan tipe PCC-FA pada rendaman air gambut + Larutan NaCl

Terlihat pada gambar 15 hasil pengujian perubahan berat pada beton PCC yang direndam pada campuran air gambut dan larutan NaCl sampai pada 56 hari terus mengalami penurunan berat sebesar 1,09% namun pada hari ke 91 perendaman terjadi kenaikan sebesar 2,34%. Hal ini berhubungan dengan bertambahnya kandungan pozzolan pada semen karena lamanya umur perendaman menjadikan perubahan beton terjadi secara signifikan [18].

Menurut penelitian [4] dibandingkan dengan beton yang direndam dalam larutan murni Na_2SO_4 , beton yang direndam didalam larutan campuran akan menjadikan struktur pori yang sedikit lebih padat. Hal ini dapat dikaitkan dengan pembentukan garam Friedel's dengan keberadaan ion klorida untuk spesimen dalam larutan campuran dengan mengisi pori-pori dan menghasilkan peningkatan massa yang lebih tinggi untuk spesimen dibandingkan dengan larutan tunggal. Selain itu menurut Tikalsky dan Carrasquillo dalam [4] penambahan massa untuk OPC terkait dengan imbibisi air selama proses hidrasi dan perubahan struktur mikro beton seiring waktu. Hidrasi semen yang terus menerus dalam spesimen memakan cairan pori, meninggalkan spesimen dalam keadaan tidak jenuh. Ini juga menghasilkan lebih banyak C - S - H, yang memiliki luas permukaan yang besar untuk menyerap air. Oleh karena itu, spesimen terus bertambah massa sampai saturasi maksimum tercapai. Selain itu, penambahan massa juga terjadi akibat pengendapan di permukaan dinding pori dan di dalam ruang pori.

Beton PCC-FA di 28 hari perendaman mengalami penambahan berat sebesar 0,46%, kemudian pada hari ke 56 dan 91 mengalami penurunan 0,45% dan 2,3%. Kehilangan massa pada beton yang terkena serangan gabungan klorida dan sulfat dikaitkan dengan interaksi tipe asam antara ion sulfat. Produk reaksi pozzolan juga menyebabkan hilangnya massa, karena aluminium yang tinggi mengandung abu terbang dan terak tanur sembur, yang menghasilkan hidrat bantalan alumina, seperti kalsium

monosulfoaluminat dan kalsium aluminat hidrat, yang diserang oleh ion sulfat untuk membentuk ettringite dan kalsium trisulfoaluminat (Oscar, 1999 dalam [4]).

4. KESIMPULAN

Dua jenis beton menggunakan pada penelitian kali ini semen tipe PCC dan beton tipe PCC-*Fly ash* (FA) 30% setelah mendapatkan perawatan selama 28 hari pada air normal direndam dengan tiga jenis perendaman. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan, UPV, pengamatan visual penetrasi asam dan perubahan berat. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kuat tekan terjadi pada beton tipe PCC dan tipe PCC-FA setelah direndam dengan air gambut, air larutan NaCl dan campuran air gambut dan air larutan NaCl. Kuat tekan beton tipe PCC setelah 28 hari dilakukan *curing* dengan air normal telah mencapai pada kuat tekan rencana $f_c' 35$ Mpa. Sedangkan beton tipe PCC-FA pada umur beton 28 hari dilakukan *curing* dengan air normal belum mencapai pada kuat tekan rencana namun seiring dengan umur beton, kenaikan kuat tekan terjadi meskipun telah direndam pada air gambut, air larutan NaCl dan campuran air gambut dan air larutan NaCl. Hal ini juga terjadi pada pengujian UPV yang mendapatkan hasil kualitas beton yang sangat baik. Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa beton tipe PCC perlu menggunakan bahan tambahan pozzolan seperti *Fly Ash* agar memiliki ketahanan dan kekedapan yang dibutuhkan untuk membangun sekat kanal pada bagian hilir yang mendapat dua serangan (*dual attack*) yaitu serangan asam dari air gambut dan serangan *clorida* dari air laut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, F., Subiksa, I.G.M., *Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*, Balai Penelitian Tanah Badan Penelitian dan World Agroforestry Centre, 2008.
- [2] American Society for Testing and Materials, 2001, Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic, *Annual Book ASTM Standard*, Vol. 3, ASTM C 267-01.
- [3] BB Litbang SDLP, 2011, *Peta Lahan Gambut Indonesia*.
- [4] Chen, Y., Gao, J., Tang, L., Li, X., Resistance of Concrete Against Combined Attack of Chloride and Sulfate, *Elsevier*, 2006.
- [5] Chopra, D., Siddique, R., Kunal, Strength, Permeability and Microstructure of Self-

- Compacting Concrete Containing Rice Husk Ash, *Biosystems Engineering*, Vol. 130, 2015.
- [6] Elmisyah, B., Herwani., Mungok, C. D., Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Genangan Air Terhadap Kuat Tekan Beton Normal Campuran Air Gambut. *Jurnal Teknik Sipil Untan*, 2008.
- [7] Emmanuel, A.O., Oladipor, F.A., Olabode, O., Investigation of Salinity Effect on Compressive Strength of Reinforced Concrete, *Journal of Sustainable Development*, Vol. 5, No. 6, 2012.
- [8] Goyal, S., Kumar, M., Sidhu, D.S., Bhattacharjee, B., Resistance of Mineral Admixture Concrete to Acid Attack, *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol. 7, 2009.
- [9] Gorninski J.P., Dal Molin D.C., Kazmierczak C.S., Strength Degradation of Polymer Concrete in Acidic Environments, *Cement and Concrete Composites*, Vol. 29, 2007.
- [10] International Atomic Energy Agency, Vienna, *Guidebook on Non Des-structive Testing of Concrete Structure*, Training Course Series, No. 17, 2002.
- [11] Kristiawan, S.A dkk, Resistensi Beton Memadat Mandiri yang Mengandung Fly Ash Tinggi Terhadap Serangan Asam Sulfat, *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret: Surakarta*, 2013.
- [12] Kurniawandy, A., Darmayanti, L., Pulungan, U. H., Pengaruh Intrusi Air Laut, Air Gambut, Air Kelapa, dan Air Biasa Terhadap Kuat Tekan Beton Normal, *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 11, No. 2, 2012.
- [13] Kroehong, W., Sinsiri, T., Jaturapitakkul, C., Effect of Palm Oil Fuel Ash Fineness on Packing Effect and Possolanic Reaction of Blended Cement Paste, *Procedia Engineering*, Vol. 14, 2011.
- [14] Mehta, P.K., *Durability, Chapter-5, Concrete Structure, Properties and Materials*, Printice-Hall, Eaglewood Cliffs , New Jersey, 1986.
- [15] Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M., *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, 2006.
- [16] Newman, J., Ban, S.C., *Advanced Concrete Technology set*, Elsevier, 2003.
- [17] Olivia, M., Damayanti, L., Kamaldi, A., Djauhari, Z., Kuat Tekan Beton dengan Semen Campuran Limbah Agro-industri di Lingkungan Asam. *2nd ACE National Conference*, 2015.
- [18] Olivia, M., Durability Related Properties of Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete, Curtin University, 2011.
- [19] Olivia, M., Nikraz, H. R., Strength and Water Penetrability of Fly Ash Geopolymer Concrete, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 6, No. 7, 2011.
- [20] Olivia, M., Sitompul, R., Saputra, E., Sutikno, S., Yamamoto, K., Effectiveness of Using Pozzolanic Material for Concrete Canal, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [21] Olivia, M., Wibisono, G., Saputra, E., Early Strength of Various Fly Ash Based Concrete, *MATEC Web of Conferences* 276, 2019.
- [22] Salain, I.M.A.K., Pengaruh Jenis Semen dan Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton, *Teknologi dan Kejuruan*, Vol. 32, No. 1, 2009.
- [23] Shi, C., Stegemann, J.A., Acid Corrosion Resistance of Different Cementing Materials, *Cement and Concrete Research* 30, 2000.
- [24] Badan Standarisasi Nasional, 1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SNI 03-1974-1990.
- [25] Badan Standarisasi Nasional, 1993, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SNI 03-2834-1993.
- [26] Badan Standarisasi Nasional, 2004, Semen Portland, SNI 15-2049-2004.
- [27] Badan Standarisasi Nasional, 2011, *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder yang Dicitak*, SNI-1974-2011.
- [28] Sutikno, S., Nasrul, B., Gunawan, H., Jayadi, R., Rinaldi, Saputra, E., Yamamoto, K., The Effectiveness of Canal Blocking for Hydrological Restoration in Tropical Peatland, *EDP Sciences*, 2019.
- [29] Syamsuddin, Ristinah, Wicaksono, A., Pengaruh Air Laut pada Perawatan (*Curing*) Beton Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton dengan Variasi Faktor Air Semen dan Durasi Perawatan, *Rekayasa Sipil*, Vol. 5, No. 2, 2011.
- [30] Thomas, M. D. A., Optimizing The Use of Fly Ash in Concrete, *Skokie, IL: Portland Cement Association*, Vol. 5420, 2007.
- [31] V.M, Malhotra, N.J Carino, *Handbook Of Non Destructive Testing of Concrete*, 2004.
- [32] Zuquan, J., Wei, S., Yunsheng, Z., Jinyang, J., Jianzhong, L., Interaction between Sulfate and Chloride Solution Attack of Concretes With and Without Fly Ash, *Elsevier*, Vol. 37, 2007.