

# KAJIAN SIFAT FISIK BETON DENGAN ADDITIVE NATRIUM TRIPOLYPHOSPHATE PADA PENGECORAN BETON DALAM AIR GAMBUT

Wahyu Muhammad Firdaus<sup>1</sup>, Ismeddiyanto<sup>1</sup>, Edy Saputra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: [wahyu.firdaus92@gmail.com](mailto:wahyu.firdaus92@gmail.com), [edysaputra\\_eng@yahoo.com](mailto:edysaputra_eng@yahoo.com), [ismed.diyanto@lecturer.unri.ac.id](mailto:ismed.diyanto@lecturer.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Under-Water Concrete (UWC) is one of the types of high-performance concrete because the mixture and the casting process are different from concrete in general. UWC casting does not allow the compaction process to be carried out in the water so by adding Admixtures Washout Agent (AWA) into concrete, the concrete's viscosity is increased and its resistance to washout is enhanced. Sodium Tripolyphosphate (STPP) is one of the additives used in this research which has AWA properties so that when casting is carried out the concrete mixture is not mixed with peat water. The use of a Superplasticizer ensures enough concrete fluidity to spread readily in place without vibration and the use of stone ash functions as a filler for the pores in the concrete. UWC must achieve the right balance between its physical and mechanical properties which can affect its performance. UWC composition and physical properties determine concrete resistance to mass loss by washout of peat water. The research aims to study the effect of STPP additive in the composition of concrete mixtures in the peat water environment and analyze UWC physical properties, i.e., workability, Fourier Transform Infra-Red (FTIR), and porosity. The amount of STPP used in this study is 10% of cement's weight while the amount of stone ash used is 10% of the fine aggregate weight. Porosity and volume weight tests were carried out on six samples, and FT-IR testing was carried out on two samples of the concrete cylinders with volumes of 10 cm diameter and 20 cm height. The parameter considered in this study was comparing the physical properties of UWC of the curing time in peat water for 28 days and 56 days. The test results of the volume weight test on 28 and 56 curing days were 2262.271 kg/m<sup>3</sup> and 2271.331 kg/m<sup>3</sup>. The porosity test value in concrete with 28 days was 20.847% decreased by 0.165% against the concrete age of 56 days, which equals to 20.024%. It can be concluded that there was no effect of peat water at 56 days on concrete's physical properties.*

*Key words: Natrium Tripolyphosphate, Underwater Concrete, Admixture Washout Agent, Porosity*

## A. PENDAHULUAN

Beton adalah bahan konstruksi utama dan paling banyak digunakan di dunia untuk berbagai jenis pekerjaan teknik sipil dari pembangunan jalan, jembatan, bendungan, gedung, dan lain-lain. Pada umumnya campuran beton tersusun dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Kualitas dari beton dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan, suhu, perawatan (*curing*) dari beton, dan umur beton. Campuran beton tersebut akan mengeras akibat reaksi hidrasi semen dan air (pasta semen) yang mengikat komponen-komponen beton dan yang mengisi pori-pori agregat kasar dan agregat halus. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik diperlukan ketelitian dalam pengerjaannya dari proporsi campuran beton, pelaksanaannya, dan pematatannya.

Menurut Widodo & haryono (2003) beton segar yang digunakan untuk melaksanakan konstruksi dari perbaikan

struktur beton di bawah air, memerlukan metode perancangan campuran adukan yang seimbang antara sifat beton segar (*rheological properties*) dan sifat mekanis (*mechanical properties*) yang berhubungan dengan kualitas beton yang dihasilkan. Kondisi yang ada di lingkungan perairan memerlukan beton yang memiliki daya alir yang tinggi (*high-flowable*) sehingga dapat mengalir untuk mengisi ruang yang tersedia, melewati tulangan yang terpasang, dan mencapai tinggi permukaan yang diinginkan dengan rata (*self-leveling*) sehingga dihasilkan beton yang memiliki kekuatan (*strength*), lekatan (*bond*), dan kedekatan (*impermeability*) yang baik.

*Under-Water Concrete (UWC)* adalah pengecoran beton segar secara langsung di bawah muka air. Pada dasarnya pengecoran dilakukan dengan menuangkan adukan beton ke bidang cor yang telah ditentukan. Akan tetapi masalahnya muncul ketika bidang cor tersebut berada di dalam

air, sehingga dibutuhkan teknik tersendiri dalam pembuatannya. Teknik pengecoran bawah air dirancang terutama untuk mencegah pencucian semen dan segregasi. Salah satu kelemahan dari beton UWC itu sendiri adalah bertambahnya volume beton ketika campuran beton langsung bersentuhan dengan air tanah maupun air gambut. Menurut Sonebi, Tamimi & Bartos (1999) campuran beton UWC menggunakan bahan tambah *Anti-Washout Agent* (AWA) dapat meningkatkan viskositas dan dapat meningkatkan ketahanan beton UWC terhadap pencucian (*washout*). Beton UWC tidak memungkinkan dilakukannya pemadatan menggunakan alat getar, maka penggunaan *superplasticizer* dapat membuat beton dapat memadat dengan sendirinya.

Bahan *additive* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Sodium Tripolyphosphate* (STPP). Seperti halnya yang terjadi pada pembuatan bakso, STPP mempunyai fungsi yaitu mengikat air dalam pembuatan adonan bakso. STPP merupakan senyawa anorganik padat digunakan sebagai bahan pengental bakso yang bisa dimakan. STPP dapat mereduksi air dan mempercepat proses pengerasan pada saat beton muda (*fresh concrete*). Selanjutnya untuk membentuk massa yang lebih kompak dan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi, perlu ditambahkan filler berupa abu batu pada beton UWC. Abu batu yang berukuran sangat kecil (lolos saringan 0,075 mm) mampu berperan sebagai *filler* yang mengisi kekosongan rongga-rongga yang terdapat di antara agregat dan pasta semen.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

### B.1 Underwater Concrete

Beton *Under-water Concrete* (UWC) adalah salah satu jenis *high performance concrete* karena bahan campuran dan proses pengecorannya berbeda dengan beton pada umumnya. Menurut Purwati, Ismeddiyanto & Yuniarto (2019) proses pengecoran UWC ini dilakukan langsung di dalam air sehingga dapat mengurangi kualitas dari beton. Pengurangan kualitas beton pada saat

mengeras terutama disebabkan oleh pencucian semen dan partikel-partikel halus serta pemisahan agregat kasar pada saat dituang ke dalam air. Dengan demikian diperlukan material tambahan yang bersifat *Anti-Washout Admixture* (AWA), untuk mencegah larutnya beton basah oleh aksi air di sekitarnya yang menyebabkan pemisahan elemen penyusun. AWA pada dasarnya secara alami digunakan di lingkungan perairan, yang sebagian besar aplikasinya adalah pada lingkungan laut dan sungai.

### B.2 Air Gambut

Air gambut memiliki kadar organik yang tinggi, berwarna coklat tua sampai kehitaman dan bersifat asam. Konsentrasi zat organik di dalam air gambut terlihat dari warnanya dapat dilihat pada Gambar 1, semakin pekat warnanya semakin tinggi kandungan zat organiknya. Warna merah kecoklatan pada air gambut merupakan akibat dari tingginya kandungan zat organik yang terlarut terutama dalam bentuk asam humus. Zat organik yang dikandung air gambut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti pohon, daun atau kayu dengan berbagai tingkat dekomposisi.



Gambar 1. Air gambut

Menurut Handayani (2018) keasaman air gambut ini akan menimbulkan masalah pada konstruksi beton karena sifatnya yang korosif. Lingkungan asam yang mengandung unsur kimia asam dapat merusak beton secara perlahan-lahan, mulai dari tepi dan sudut beton dengan terjadinya pelepasan butiran-butiran partikel beton sehingga beton menjadi keropos. Dengan keroposnya beton, ikatan antara pasta dengan agregat berkurang sehingga akan berpengaruh terhadap kekuatan beton.

## **B.3 Bahan Penyusun *Underwater Concrete***

### **B.3.1 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau juga hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Untuk menghasilkan beton dengan kepadatan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik pula. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm untuk agregat kasar. Untuk agregat halus lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi :

1. Mencapai susunan beton dengan gradasi beton yang baik.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
3. Menghemat penggunaan semen *portland*.
4. Mengontrol *workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan yang baik.
5. Mengurangi susut pengerasan.

Berdasarkan SNI-03-2847-2020 cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butiran-butirannya. Agregat yang mempunyai butiran-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih kasar dari 4,8 mm. Sedangkan butiran-butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Kekasaran agregat halus dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

Dalam penelitian ini digunakan kedua jenis agregat tersebut, yaitu pasir atau agregat halus dan *split* atau agregat kasar yang kemudian akan dicampur dengan komposisi lain yang telah direncanakan.

### **B.3.2 Semen *Portland***

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air dapat membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton.

Semen banyak digunakan untuk berbagai pekerjaan konstruksi. Pada umumnya kita mengenal beberapa jenis dan tipe semen, yang pada umumnya merupakan jenis-jenis semen *portland* dan campurannya. SNI atau standar tentang semen *portland*, dan semen campuran, sebagai acuan pengecekan jenis dan tipe semen yang digunakan :

1. SNI 15-2049-2004 (semen *portland*)
2. SNI 15-0302-2004 (semen *portland* pozolan)
3. SNI 15-7064-2004 (semen *portland* komposit)
4. SNI 15-3500-2004 (semen *portland* campur)

Pasta semen berfungsi untuk melekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu kesatuan massa yang kompak atau padat. Selain itu pasta semen mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan perekat yang aktif dan mempunyai harga yang mahal dari pada bahan dasar beton yang lain perlu diperhatikan atau dipelajari secara baik.

### B.3.3 Air

Air sangat mempengaruhi pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air dapat menurunkan mutu dan mengakibatkan beton mengalami *bleeding*, yaitu air bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Besar kecilnya nilai susut beton.
2. Kelangsungan reaksi hidrasi semen *portland*.
3. Mutu beton.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.
5. Sifat *workability* adukan beton.

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam, atau bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya.

### B.3.4 Superplasticizer

*Superplasticizer* adalah bahan tambah beton yang ditambahkan pada saat pengadukan beton dengan tujuan untuk menambah mutu beton. *Superplasticizer* tersusun atas asam sulfonat yang berfungsi menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen, untuk menghasilkan viskositas/kekentalan adukan pasta semen atau beton segar yang lebih rendah.

### B.3.5 Sodium Tripolyphosphate (STPP)

STPP (*Sodium Tripolyphosphate*) adalah salah satu bahan tambahan makanan yang dapat dilihat pada Gambar 2. STPP digunakan sebagai bahan pengikat air agar

air dalam adonan tidak mudah menguap sehingga permukaan adonan tidak cepat mengering dan mengeras. *Sodium tripolyphosphate* dapat digunakan untuk menggantikan penggunaan boraks pada makanan. Selain itu untuk mendapatkan STPP cukup mudah yaitu di pasar dengan harga yang relatif murah sehingga tidak akan kesulitan untuk mendapatkan STPP tersebut.



Gambar 2. *Sodium Tripolyphosphate* STPP

STPP merupakan salah satu bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera. Hyung Mi Lim et al. (2005) melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan Natrium Tripolyphosphate (pengenyal bakso) sebagai *additive* dalam pasta semen *Grouting-Natrium Silicate*. Hasilnya *additive* mengubah distribusi Si dan sifat reologi Natrium Silikat, sehingga menyebabkan distribusi Ca dan Si yang lebih seragam untuk menghasilkan kekuatan dan daya tahan awal yang tinggi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa Natrium Tripolyphosphate dapat digunakan dalam campuran adukan beton untuk mendukung mutu beton yang dihasilkan dan sebagai AWA (*Anti-Washout Admixtures*).

## C. METODOLOGI PENELITIAN

### C.1 Pengujian Karakteristik Material

Karakteristik material diuji untuk mengetahui sifat dari material yang digunakan. Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar dan halus. Agregat yang digunakan berasal dari *quarry* Kabupaten Kampar, Riau. Ukuran agregat kasar yang

digunakan yaitu maksimum 10 mm. Setelah itu dilakukan pemeriksaan agregat kasar dan halus terbang yang digunakan untuk membuat beton. Pengujian karakteristik agregat meliputi pemeriksaan analisa saringan, berat jenis, berat volume, kadar air, kadar organik, kadar lumpur, dan keausan agregat.

### C.2 Perencanaan Campuran Benda Uji

Perencanaan campuran beton UWC yang tepat didapatkan dari hasil pengujian karakteristik material. Hasil dari pengujian karakteristik tersebut yang kemudian digunakan untuk memperoleh data-data dalam rancangan campuran beton. Material penyusun UWC disiapkan dengan persentase natrium yang digunakan adalah 10% dari berat semen yang mengacu pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Rasio *job mix design* pada penulisan ini adalah 2:3:3 antara semen dengan pasir dengan kerikil.

Benda uji yang digunakan pada penulisan ini berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm untuk masing-masing pengujian. Rencana jumlah benda uji yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rencana Benda Uji

Pengujian	<i>Curing</i> 28 Hari	<i>Curing</i> 56 hari
Porositas	3	3
Berat volume	3	3
FTIR	1	1
Jumlah	14	

### C.3 Pembuatan Benda Uji

Pada proses pembuatan benda uji, semua material penyusun beton ditimbang berdasarkan dari proporsi *mix design* yang didapat. Dimulai dari agregat kasar, agregat halus, semen dan abu batu dimasukkan ke dalam mesin *concrete mixer* yang dapat dilihat pada Gambar 3. Setelah agregat kasar, agregat halus, semen dan abu batu tercampur merata masukkan air sedikit demi sedikit. Setelah itu masukkan Natrium

Tripolyphosphate atau STPP yang sudah dilarutkan hingga tercampur merata.



Gambar 3. Pencampuran adukan dalam *concrete mixer*

Setelah tercampur merata selanjutnya dapat dilakukan pengujian *slump* untuk menentukan *workability* campuran segar beton. Campuran beton hasil uji *workability* dimasukkan ke dalam gerobak sambil terus diaduk dan ditambah *superplasticizer*. Kemudian masukkan campuran beton ke dalam cetakan benda uji yang sudah ada di dalam air gambut. Penuangan campuran beton dapat dilihat pada Gambar 4. Campuran beton dimasukkan dengan menggunakan corong dan pipa berukuran lebih kecil dan lebih tinggi dari cetakan benda uji. Setelah cetakan benda uji terisi penuh, benda uji didiamkan selama kurang lebih 24 jam di dalam cetakan. Setelah kurang lebih 24 jam, beton dibuka dari cetakan.



Gambar 4. Penuangan beton kedalam cetakan

### C.4 Perawatan Benda Uji

Setelah kurang lebih 24 jam, benda uji dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan *curing* selama 28 hari dan 56 hari sesuai dengan perencanaan pembuatan

benda uji. Proses ini dilakukan agar hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Pada penelitian ini dilakukan *curing* dengan meletakkan beton di dalam air gambut. Perendaman beton dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perendaman beton di air gambut

## C.5 Pelaksanaan Pengujian Beton

### C.5.1 Pengujian *Workability* (*Slump Flow*)

Pengujian *workability* dilaksanakan menggunakan pengujian *slump flow* berdasarkan SKh-1.7.23. Pengujian *slump flow* dilakukan pada beton segar sebelum dituangkan kedalam cetakan di dalam air. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton segar. Pengujian *slump flow* harus dilakukan pada kondisi datar, rata, lembab tanpa genangan air dengan peralatan yang memenuhi syarat. Pengisian beton segar kedalam kerucut harus dilakukan sedikit demi sedikit dalam satu lapisan sampai kerucut penuh terisi tanpa dilakukan pemadatan.

Menurut standar SKh-1.7.23 untuk nilai *slump flow* minimum adalah 550 mm dan maksimum 850 mm. Nilai *slump flow* lebih besar dari 850 mm dapat disyaratkan untuk keperluan yang lebih khusus, namun dibutuhkan ketelitian yang lebih tinggi untuk pengendalian segregasi.

### C.5.2 Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Benda uji silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm yang sudah ditentukan kekuatannya dikeluarkan dari bak perendaman (*curing*), kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain

lembab. Kemudian 3 benda uji untuk masing-masing masa *curing* 28 dan 56 hari diukur dimensinya dan ditimbang beratnya. Penimbangan benda uji silinder beton dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Penimbangan benda uji silinder beton

### C.5.3 Pengujian Porositas

Pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui persentase pori-pori atau ruang kosong yang ada dalam beton terhadap volume beton. Benda uji silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm yang telah dikeluarkan dari bak perendaman lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 100 sampai 110°C selama tidak kurang dari 24 jam. Kemudian benda uji dibiarkan di udara terbuka dengan suhu ruangan (20 - 25°C) lalu ditimbang. Selanjutnya lakukan perendaman dalam air kira-kira 21°C selama tidak kurang dari 48 jam. Setelah masa perendaman 48 jam, maka permukaan benda uji dikeringkan dengan handuk agar menghilangkan kelembaban permukaan. Setelah kering permukaan, benda uji tersebut ditimbang. Kemudian 3 benda uji untuk masing-masing masa curing 28 dan 56 hari ditimbang di dalam air, proses penimbangan benda uji dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penimbangan benda uji silinder beton di dalam air

### C.5.4 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) bertujuan untuk menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik yang terdapat pada komposisi UWC dan mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik dengan membandingkan hasil daerah sidik jarinya. Alat utama yang digunakan yaitu mesin Spektrofotometer FTIR yang dapat dilihat pada Gambar 8. Benda uji FTIR adalah pecahan UWC umur 28 dan 56 hari yang telah diuji kuat tekannya. Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Riau.



Gambar 8. Mesin FTIR

## D. HASIL DAN PEMBAHASAAN

### D.1 Hasil Pengujian Karakteristik Material

Pengujian material agregat kasar dan agregat halus dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Riau.

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Kadar air (%)	0,4	3 - 5
2	Berat volume (gr/cm <sup>3</sup> )		
	a. Kondisi padat	1,42	> 1,2
	b. Kondisi gembur	1,29	> 1,2
3	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		
	a. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,63	2,58 – 2,83
	b. <i>Absorption (%)</i>	1,16	2 – 7
4	Modulus kehalusan	5,96	5 – 8
5	Ketahanan aus (%)	26,22	< 40

Hasil pengujian karakteristik dari agregat kasar yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2. Secara keseluruhan agregat halus yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi standar spesifikasi.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Kadar air (%)	0,4	3 - 5
2	Kadar organik	No.2	< No.3
3	Kadar lumpur (%)	3,65	<5
4	Berat volume (gr/cm <sup>3</sup> )		
	a. Kondisi padat	1,64	1,40 – 1,90
	b. Kondisi gembur	1,45	1,40 – 1,90
5	Berat jenis		
	a. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,66	2,58 – 2,83
	b. <i>Absorption (%)</i>	0,60	2 – 7
6	Modulus kehalusan	1,90	1,50 – 3,80

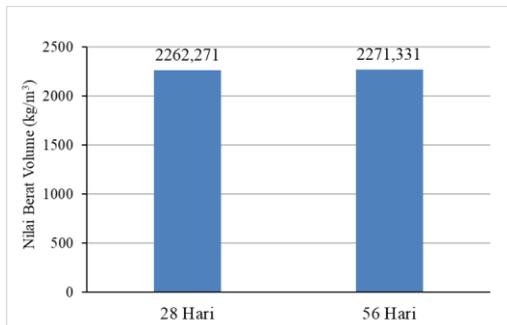
Hasil pengujian karakteristik dari agregat halus yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3. Secara keseluruhan agregat halus yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi standar spesifikasi.

### D.2 Hasil Pengujian *Workability*

Hasil pengujian *workability* dilakukan pada beton segar. Pengujian *workability* ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton, semakin besar nilai *slump* maka semakin mudah pengerjaannya. Pada penelitian ini hasil *slump flow* yang diperoleh adalah 487,5 mm. Nilai *slump flow* yang didapat tidak memenuhi standar spesifikasi Skh-1.7.23 yaitu kurang dari 550 mm. Hal ini dikarenakan pada saat pengujian *slump flow*, peneliti terlalu lama melakukan penuangan adukan campuran beton ke dalam kerucut sehingga adukan beton terlebih dahulu mengental dan membuat adukan beton tidak mengalir dengan baik pada saat kerucut ditarik ke atas secara vertikal.

### D.3 Hasil Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Gambar 9.

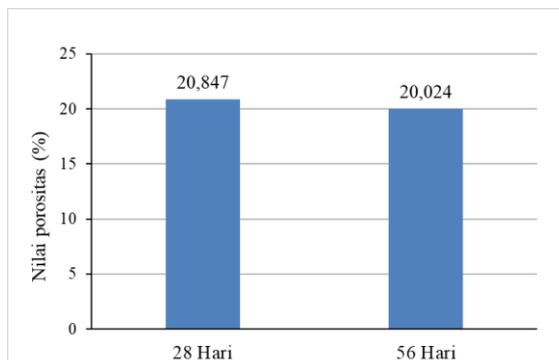


Gambar 9. Hasil pengujian berat volume

Berdasarkan Gambar 11 didapatkan dari nilai berat volume rata-rata dari 3 benda uji pada umur 28 dan 56 hari berturut-turut yaitu 2262,271 kg/m<sup>3</sup> dan 2271,331 kg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan SNI 03-2834-1993 nilai berat volume beton berkisar antara 2200-2500 kg/m<sup>3</sup>. Dapat disimpulkan bahwa nilai berat volume memenuhi standar.

### D.4 Hasil Pengujian Porositas

Hasil pengujian porositas pada Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai porositas umur beton 56 hari lebih rendah dibandingkan umur beton 28 hari. Dapat disimpulkan bahwa porositas pada umur 56 hari mengalami penurunan 0,165% dibandingkan porositas pada umur 28 hari.

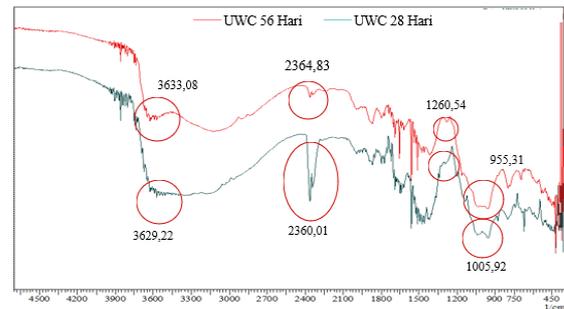


Gambar 10. Hasil pengujian terhadap porositas beton

Berdasarkan Gambar 10 didapatkan dari nilai porositas rata-rata 3 benda uji pada umur 28 dan 56 hari berturut-turut yaitu 20,847% dan 20,024%. Dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh air gambut pada 56 hari.

### D.5 Hasil Pengujian FTIR

Hasil pengujian FTIR beton UWC dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil pengujian FT-IR

Hasil pengujian menunjukkan bahwa intensitas gelombang hampir menyerupai satu dengan yang lainnya, namun terjadinya sedikit perbedaan pada bilangan gelombang (*wavenumber*) ~1000 cm<sup>-1</sup>, ~1260 cm<sup>-1</sup>, ~2360 cm<sup>-1</sup>, dan ~3629 cm<sup>-1</sup>. Nilai puncak serapan ~3629 cm<sup>-1</sup> pada kedua gelombang menunjukkan adanya vibrasi dari gugus fungsi O-H. Gugus fungsi tersebut terkait dengan peregangan getaran air dengan mineral-mineral yang terdapat pada semen (C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, dan C<sub>3</sub>A). Puncak pada bilangan gelombang ~2360 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya vibrasi peregangan dari CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam beton disebabkan ketika karbon dioksida di atmosfer dengan kelembaban tertentu bereaksi dengan mineral semen (Ca(OH)<sub>2</sub>) terhidrasi dan menghasilkan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O).

Pembentukan gugus fungsi dari kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>) dapat dilihat dari puncak spesifik pada bilangan gelombang ~1200 cm<sup>-1</sup> dan peregangan vibrasi di bilangan gelombang ~1600. CaSO<sub>4</sub> terbentuk dari Ca(OH)<sub>2</sub> dari mineral semen dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dari larutan asam air gambut. Sebelum pengerasan beton, campuran beton segar UWC sudah terpapar langsung

dengan air gambut, sehingga dapat membentuk kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ). Jika beton diangkat dari air *curing* dan terpapar udara kering, kalsium sulfat akan mengkristal seperti jarum dan akan mengembang dan mendesak sisi sekitarnya sehingga terjadi pengrusakan pada sisi sekitar dan dapat terlihat pasta atau adukan betonnya menjadi merapuh. Akibat itu porositas dari beton UWC jadi besar.

Berdasarkan hasil dari spektra infrared terdapat karakteristik puncak pada *wavenumber*  $\sim 954 \text{ cm}^{-1}$ . Menurut Silverstein, Basler & Morrill (1998) munculnya puncak pada bilangan gelombang  $830\text{-}1110 \text{ cm}^{-1}$  menandakan adanya ikatan Si-O. Ikatan tersebut merupakan pembentukan Kalsium Silikat Hidrat (C-S-H) yang berasal dari senyawa kimia semen yaitu Trikalsium Silikat ( $\text{C}_3\text{S}$ ) dan dikalsium Silikat ( $\text{C}_2\text{S}$ ).

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap pengujian sifat fisik pada penelitian ini, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian *slump flow* menunjukkan nilai *slump flow* pada beton dengan penambahan Natrium Tripolyphosphate atau STPP pada campuran beton, menurunkan *workability* beton dengan nilai *slump flow* yang didapat yaitu sebesar 487,5 mm. Pengujian *slump flow* yang telah dilakukan tidak mencapai standar yaitu 550 mm – 850 mm.
2. Nilai pengujian berat volume beton rata-rata setiap masa *curing* 28 hari dan 56 hari adalah  $2262,271 \text{ kg/m}^3$  dan  $2271,331 \text{ kg/m}^3$ .
3. Nilai pengujian porositas beton rata-rata masa *curing* 28 hari dan 56 hari yaitu 20,847% dan 20,024%.
4. Pada kisaran *wavenumbers*  $\sim 2360 \text{ cm}^{-1}$  terjadi perbedaan panjang peak, daerah *wavenumbers* tersebut merupakan getaran yang ditimbulkan oleh ikatan kimia  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$  atau

carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ). Pada kisaran *wavenumber*  $\sim 36729$  adalah hasil dari reaksi air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) terhadap mineral semen. Pada kisaran *wavenumber*  $\sim 1000 \text{ cm}^{-1}$  terdapat pembentukan Kalsium Silikat Hidrat (C-S-H) yang berasal dari senyawa kimia semen.

### E.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan selama penelitian ini, maka diperoleh beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya *filler* yang dapat lebih meningkatkan kepadatan dan mutu beton dan perlu adanya pengujian karakteristik pada *filler* tersebut.
2. Pada pengujian *slump flow* sebaiknya dilakukan pengadukan beton segar secara terus menerus agar tidak terjadi pembekuan yang mengakibatkan nilai *slump* menjadi rendah.
3. Perlu diteliti lebih lanjut dengan menggunakan tulangan pada benda uji seperti pada struktur pondasi pada umumnya.
4. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai sifat fisik beton cor di dalam air (*underwater concrete*) pada jenis lingkungan yang beragam.
5. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai pengaruh genangan air 20%, 50%, 100%, dan 120% terhadap tinggi cetakan untuk beton UWC.

## F. Daftar Pustaka

- [1] S. Widodo dan S. Haryono, "Pengaruh Komposisi Campuran terhadap Durabilitas High-Flowable Concrete pada Pengecoran Beton di Bawah Air," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Arsitektur (JTSA)*, vol. 02, no. 06, pp. 19-27, 06 Juli 2003.
- [2] M. Sonebi, A. A. Tamimi dan P. J. M. Bartos, "Application of Factorial Models to Predict the Effect of Anti-Washout Admixture, Superplasticizer and Cement on Slump, Flow Time and Washout Resistance of Underwater

- Concrete,” *Materials and Structures*, vol. 33, no. 05, pp. 317-323, Juni 1999.
- [3] L. Purwati, Ismeddiyanto dan E. Yuniarto, “Pengaruh Natrium Tripolyphosphate (NA5P3O10) terhadap Sifat Mekanik Beton Cor di Dalam Air (Under-Water Concrete),” *Jurnal Teknik*, vol. 13, no. 02, pp. 104-111, Oktober 2019.
- [4] N. Handayani, “Ketahanan Beton Normal terhadap Air Gambut di Kota Palangka Raya,” *Media Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 07, no. 01, pp. 43-49, Desember 2018.
- [5] SNI-03-2847-2020, “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung,” Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- [6] H. M. Lim, H. Yang, B. S. Chun dan S. H. Lee, “the Effect of Sodium Tripolyphosphate on Sodium Silicate Cement Grout,” dalam *6th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design*, 2005.
- [7] SKh-1.7.23, “Beton Memadat Sendiri (self compacting concrete),” Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017.
- [8] R. Silverstein, G. Bassler dan T. Morrill, *Spectrometric Identification of Organic Compound*. Ed ke-7, New York (US), 2005.
- [9] SNI 03-2834-1993, “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal,” Badan standardisasi nasional.