



PENGARUH AIR GAMBUT TERHADAP SIFAT MEKANIK UNDERWATER CONCRETE MENGGUNAKAN ANTI WASHOUT AGENT

Muhammad Farhiyatul Ahkam, Ismeddiyanto*, Alex Kurniawandy

Universitas Riau, Pekanbaru

*Corresponding author, email address: ismed.diyanto@lecturer.unri.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article History:</i> Received 26 October 2023 Accepted 12 December 2023 Online 30 March 2024</p> <p><i>Keywords:</i> Underwater Concrete Anti Washout Agent Peat Water</p>	<p>Underwater concrete can be used as an alternative to replace work dewatering on the structure of buildings in the water in the area of Riau Province. However, at work sites, there is often a shortage of clean water and only peat water is available around this area. Therefore, this research was conducted to examine the effect of using peat water as mixing and curing concrete on the mechanical properties of cast concrete in water (underwater concrete) using an anti-washout agent. The study was carried out with 3 variations of test objects, namely using clean water as a mixture and immersion (AB-AB), clean water as a mixture and peat water as an immersion (AB-AG) and peat water as a mixture and immersion (AG-AG). The results of the compressive strength test at 7 days increased at 28 days for each variation of the test object. In addition, based on the results of tests on compressive strength, split tensile strength and flexural strength at 28 days of age, it was shown that the highest variation was obtained in the AB-AB variation and the lowest variation was obtained in the AG-AG variation for each test. So it can be concluded that casting in a peat environment can reduce the quality of underwater concrete.</p>

©2024 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Struktur bangunan yang dibuat menggunakan beton masih banyak diminati dan menjadi pilihan utama pada suatu pekerjaan konstruksi. Beton mempunyai banyak kelebihan diantaranya dapat dikerjakan dengan mudah, perawatan yang tidak sulit dan mempunyai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan material lainnya seperti baja dan kayu. Beton yang digunakan sebagai material untuk struktur bangunan akan terus meningkat dan berkembang karena dapat diaplikasikan pada berbagai macam pekerjaan konstruksi yang dilakukan di darat maupun pekerjaan yang dilakukan di dalam air.

Pekerjaan konstruksi bangunan yang dilakukan disetiap wilayah biasanya menggunakan beton sebagai material utama, khususnya di daerah Provinsi Riau. Namun di lokasi pekerjaan, sering terdapat keterbatasan air bersih sebagai salah satu bahan pembuatan beton dan hanya air gambut yang menjadi air yang tersedia di sekitar kawasan ini. Menurut SNI 03-2834-2000 tambahan air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Keterbatasan air bersih di lingkungan gambut merupakan masalah yang sangat serius terutama ketika dilakukannya pengecoran beton untuk struktur bangunan di dalam air.

Underwater concrete (UWC) adalah beton kinerja tinggi yang dapat digunakan untuk pekerjaan didaerah yang memiliki genangan air ataupun pekerjaan konstruksi di dalam air itu sendiri. Seperti saluran drainase, struktur bawah jembatan dan pondasi. Lokasi pekerjaan konstruksi yang berada di dalam air harus dilakukan proses pengeringan atau *dewatering* terlebih dahulu sebelum dilakukan pengecoran beton agar

adukan beton tidak tercampur dengan air. Pekerjaan *dewatering* sangat penting dilakukan namun membutuhkan biaya konstruksi yang lebih tinggi dan berpotensi menyebabkan penurunan muka tanah. Penurunan muka tanah yang terjadi di area bangunan infrastruktur dapat mempengaruhi struktur bangunan tersebut, seperti dinding pada bangunan akan mengalami keretakan bahkan bangunan tersebut akan runtuh. Oleh karena itu, *underwater concrete* dapat digunakan sebagai alternatif untuk menggantikan pekerjaan *dewatering* pada struktur bangunan di dalam air.

Beton yang di cor di dalam air tidak perlu dilakukan proses pemadatan karena dapat menyebabkan pemisahan material pada campuran beton. Selain itu, beton segar yang langsung dituangkan ke dalam air dapat menurunkan kualitas beton terutama pada saat proses pengerasan. Campuran beton tersebut mengalami pencucian pasta semen terhadap agregat halus serta pemisahan agregat kasar pada saat dituangkan ke dalam air. Penurunan mutu beton dapat diatasi dengan cara penambahan suatu bahan tambah supaya mencegah terjadinya bilasan air pada campuran beton sehingga daya tahan beton meningkat (Kurniawan, 2018). Sehingga diperlukan bahan tambah berupa *anti washout agent* (AWA) yang berfungsi untuk mencegah komponen penyusun *underwater concrete* larut akibat aksi air yang terjadi.

Campuran *anti washout* dapat dibuat dari berbagai bahan, baik dari bahan organik maupun anorganik. Bahan tambah *anti washout agent* dapat berupa bahan kimia yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Bahan tambah *anti washout agent* ini dapat mengubah konsistensi campuran beton segar supaya tidak terpisah saat ditambahkan air. Sehingga bahan tambah *anti washout agent* menjadi komponen penting pada campuran *underwater concrete* untuk pekerjaan konstruksi bangunan terutama yang berkaitan langsung dengan daerah perairan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Beton Bawah Air (*Underwater Concrete*)

Beton bawah air (*underwater concrete*) adalah jenis beton yang biasa digunakan untuk pengecoran struktur di bawah air. Beton ini harus dapat menetap dan memadat sendiri di bawah air tanpa perlu dilakukannya proses pemadatan. Beton bawah air (*underwater concrete*) biasanya digunakan dalam konstruksi di bawah air seperti pelabuhan, jembatan, terowongan, dan bangunan lainnya yang memerlukan struktur yang kuat dan tahan lama di air. Sifat yang paling penting dari adukan beton ini adalah *anti washout* agar segregasi dan pencucian pasta tidak terjadi pada saat pengecoran.

2.2 *Self Compacting Concrete* (SCC)

Beton segar yang dicor di dalam air tidak perlu dilakukannya proses pemadatan. Beton segar yang dilakukan pemadatan dapat membuat campuran *underwater concrete* terurai di dalam air. Menurut Widodo (2011) pelaksanaan pengecoran beton di dalam air tidak memungkinkan untuk dilakukan proses pemadatan secara konvensional, sehingga diperlukan beton segar yang mampu mengalir dan memadat dengan memanfaatkan berat sendiri. Beton yang mampu memadat sendiri biasanya disebut dengan *self compacting concrete* (SCC).

2.3 *Anti Washout Agent* (AWA)

Anti washout agent (AWA) adalah salah satu jenis bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton untuk membantu mencegah *washout* atau penyapuan semen dari campuran beton selama proses pengangkutan dan pengecoran di lokasi konstruksi. Penyapuan campuran beton terjadi ketika air merembes masuk ke dalam beton segar selama pengangkutan atau pengecoran dan menyebabkan pemisahan antara air dan semen dalam campuran beton sehingga dapat mengurangi kekuatan dan kualitas beton.

2.4 Air Gambut

Air merupakan bahan campuran beton yang diperlukan agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen. Air sangat penting dalam campuran beton karena membantu dalam proses pengerasan dan pengikatan bahan-

bahan lainnya. Penggunaan air yang digunakan harus dikendalikan dengan hati-hati karena terlalu banyak atau terlalu sedikit air dapat menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri dan menghasilkan mutu beton yang tidak sesuai.

Air gambut adalah air yang biasanya berasal dari tanah bergambut dengan memiliki ciri-ciri pada airnya yang berwarna merah kecoklatan, mengandung bahan organik tinggi serta bersifat asam karena memiliki PH 3–5. Warna coklat kemerahan pada air gambut merupakan akibat dari tingginya kandungan zat organik yang terlarut di dalam air, terutama dalam bentuk asam humus. Asam humus tersebut berasal dari proses penguraian bahan organik seperti daun, pohon atau kayu dengan berbagai kandungannya yang telah mencapai kadar pencampuran yang stabil. Selain itu, salah satu zat yang terkandung di dalam air gambut adalah asam sulfat yang dapat menyebabkan tulang baja pada struktur beton terkorosi.

2.5 Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi dapat bereaksi setelah berhubungan dengan air. Dalam campuran beton, semen berfungsi sebagai bahan pengikat antar material seperti pasir dan kerikil sampai membentuk suatu massa yang padat dan dapat mengisi rongga-rongga kosong yang berada diantara butir-butir agregat. Pekerjaan yang dilakukan pada suatu proyek konstruksi terutama dalam perancangan struktur menggunakan beton membutuhkan jenis semen yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Semen sendiri mempunyai beragam jenisnya, tergantung fungsi dan kegunaannya.

2.6 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Komposisi agregat dalam campuran beton bervariasi tergantung pada tujuan penggunaan yang dibutuhkan. Persentase agregat berkisar antara 60%-70% dari volume beton. Agregat memiliki beberapa fungsi dalam campuran beton diantaranya yaitu sebagai bahan pengisi pada campuran beton sehingga mampu memberikan kekuatan dan ketahanan pada beton. Kedua, agregat membantu mengurangi jumlah semen yang diperlukan dalam campuran beton, sehingga mengurangi biaya produksi karena dari segi ekonomis lebih menguntungkan jika digunakan campuran beton dengan sebanyak mungkin bahan pengisi dan sedikit mungkin jumlah semen. Ketiga, agregat membantu mengurangi penyusutan dan retak pada beton saat mengering.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan. Adapun tahapan tersebut dimulai dari pengujian karakteristik material yang digunakan sebagai bahan penyusun campuran beton. Setelah mendapatkan hasil karakteristik dari material, kemudian dilakukan perencanaan campuran dan *trial mix* beton untuk mengetahui proporsi adukan yang akan digunakan untuk membuat benda uji. Pembuatan benda uji memiliki dimensi yang berbeda. Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dibuat dengan ukuran 15 x 30 cm dan benda uji untuk pengujian kuat lentur berukuran 15 x 15 x 60 cm. Benda uji pada penelitian ini menggunakan beberapa variasi pada air pencampuran dan perendaman beton. Selain itu, pengecoran beton segar dilakukan di dalam air dan proses perawatan beton pada penelitian ini direndam selama 7 dan 28 hari.

3.2 Penamaan dan Jumlah Benda Uji

Variasi campuran beton pada penelitian ini menggunakan air gambut dan air bersih sebagai air pencampuran dan perendaman beton. Pengelompokan benda uji ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengelompokan benda uji

Variasi UWC		Kode Benda Uji	Umur 7 Hari	Umur 28 Hari		
Air Campuran	Air Rendaman		Tekan	Tekan	Belah	Lentur
Air Bersih	Air Bersih	AB-AB	3	3	3	3
Air Bersih	Air Gambut	AB-AG	3	3	3	3
Air Gambut	Air Gambut	AG-AG	3	3	3	3
Total				36		

3.3 Perencanaan Campuran Beton

Pengujian dimulai dengan mencari karakteristik bahan dasar penyusun campuran beton untuk menghasilkan data-data yang digunakan dalam perencanaan campuran pembuatan benda uji. Metode perencanaan campuran (*mix design*) pada penelitian ini menggunakan metode ACI 211.1-91 sebagai dasar acuan beton normal dengan mutu rencana 25 MPa. Kemudian dilakukan *trial mix* untuk mengetahui komposisi campuran yang akan digunakan pada pembuatan beton cor di dalam air (*underwater concrete*). Setelah mendapatkan komposisinya, maka akan dilanjutkan dengan mencampurkan semua material ke dalam molen untuk pembuatan benda uji.

3.4 Pengujian *Slump Flow*

Pengujian *slump flow* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada saat pembuatan beton SCC. Besarnya nilai *workability* dapat dilihat pada saat beton segar SCC mampu mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui berat sendirinya (*filling ability*). Pengujian *slump flow* dilakukan menggunakan alat berupa kerucut abram terbalik. Pengisian beton segar ke dalam kerucut abram dilakukan sebelum dituangkan ke dalam cetakan di dalam air. Beton segar dimasukkan sedikit demi sedikit dalam satu lapisan sampai terisi penuh tanpa dilakukan pemadatan dengan kondisi datar, rata dan lembab tanpa tekanan air.

Kemampuan mengalir beton segar dengan mengandalkan beratnya sendiri ditunjukkan oleh beton segar ketika mencapai diameter aliran 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.

3.5 Pembuatan Benda Uji

Setelah dilakukan pengujian *slump flow*, maka selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dengan cara beton segar dimasukkan ke dalam cetakan yang telah direndam di dalam air terlebih dahulu. Kemudian beton segar dituangkan secara perlahan ke dalam pipa tremi yang dihubungkan ke dalam cetakan tanpa dilakukan pemadatan, seperti ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Pengecoran *Underwater Concrete*

3.6 Perawatan Benda Uji

Setelah dilakukan pengujian *slump flow* pada beton segar dan beton dicetak dalam cetakan, selanjutnya benda uji dibiarkan mengeras selama kurang lebih (\pm) 24 jam di cetakan yang masih terendam di dalam air. Pada penelitian ini metode perawatan yang digunakan adalah meletakkan benda uji ke dalam bak yang berisi air bersih dan gambut sesuai dengan variasi yang digunakan sehingga mampu menenggelamkan benda uji secara keseluruhan dalam jangka waktu yang telah ditetapkan sebelumnya, seperti diperlihatkan Gambar 2.



Gambar 2. Perawatan Benda Uji

3.7 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji dikeluarkan dari bak perendaman. Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974-2011. Tujuan dari pengujian kuat tekan beton adalah untuk menentukan nilai kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton dibutuhkan peralatan seperti mesin uji tekan, timbangan dan satu set alat *capping* beton. Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban persatuan luas, menurut Persamaan 1. Gambar 3 memperlihatkan proses pengujian kuat tekan beton.

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

Keterangan:

- F'_c = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan Beton

3.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Menurut SNI 2419:2014 pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton dengan dimensi 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Setelah benda uji dikeluarkan selama 24 jam dari bak perendaman maka benda uji harus dalam keadaan kering sebelum dilakukan pengujian kuat tarik belah. Bagian atas benda uji diberi baja penekan dalam satu garis lurus. Kemudian benda uji diberi beban hingga benda uji terbelah. Kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2. Gambar 4 memperlihatkan proses pengujian kuat tarik belah beton.

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

Keterangan:

- F_{ct} = Kuat tarik belah beton (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Panjang benda uji (mm)
- D = Diameter benda uji (mm)



Gambar 4. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

3.9 Pengujian Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 4431-2011). Pengujian kuat lentur beton menggunakan benda uji berbentuk balok dengan tinggi 15 cm, lebar 15 cm dan panjang 60 cm. Balok beton yang diuji akan mengalami patah pada batangnya. Patahan dapat terjadi di tiga bagian pada pengujian kuat lentur beton. Patahan yang terjadi pada daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah, maka kuat lentur beton dihitung pada Persamaan 3. Gambar 5 memperlihatkan proses pengujian kuat lentur beton.

$$F_s = \frac{PL}{BH} \quad (3)$$

Keterangan:

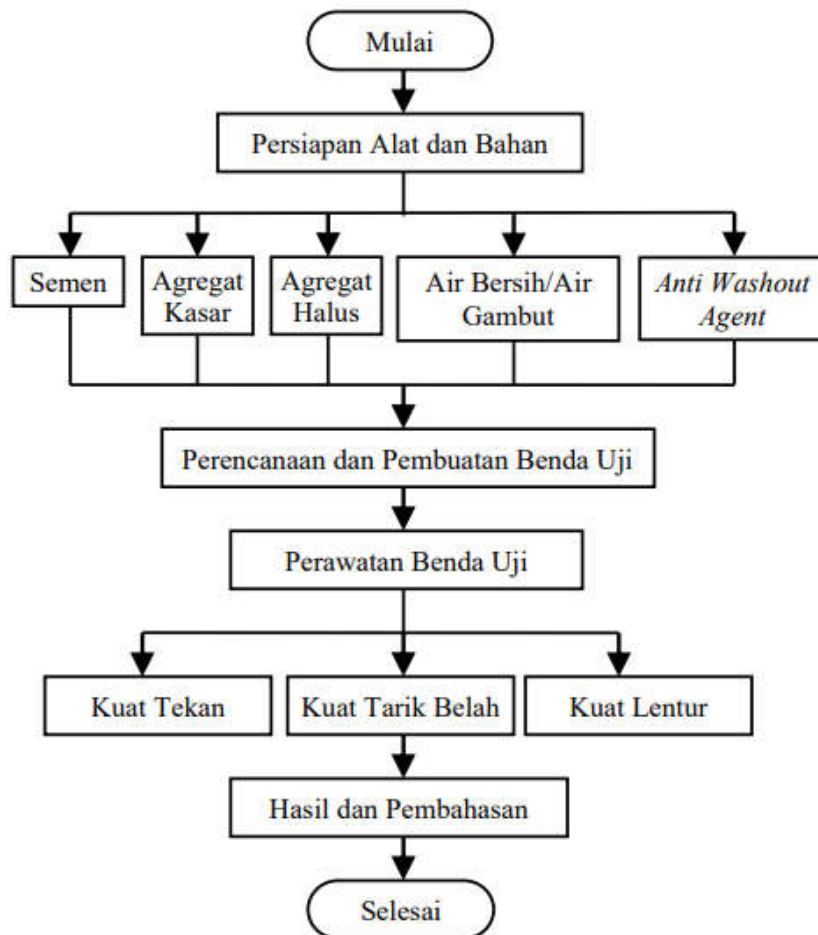
- F_s = Kuat lentur beton (Mpa)
- P = Beban uji maksimum (N)
- L = Jarak antara titik perletakan (mm)
- B = Lebar patah arah horizontal (mm)
- H = Lebar patah arah vertikal (mm)



Gambar 5. Pengujian Kuat Lentur Beton

3.10 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada bagan alir di Gambar 6.



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Karakteristik Agregat

Penelitian ini merupakan eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan, Universitas Riau. Seluruh pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini dimulai dari tahap persiapan alat dan bahan, pengujian karakteristik, perencanaan campuran beton, pembuatan dan perawatan benda uji, hingga pengujian sifat-sifat mekanik beton.

4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi dari agregat halus. Agregat tersebut berasal dari Danau Binkuang Kabupaten Kampar yang diperoleh dari distributor material PT. Riau Mas Bersaudara. Hasil pemeriksaan agregat halus ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Dasar Material Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil	Nilai Spesifikasi	Standar Pengujian
Modulus Kehalusan	2,85	1,5 – 3,8	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis			
a. <i>Apparent Specific Gravity</i>	2,64	2,58 – 2,83	
b. <i>Bulk Specific Gravity on Dry</i>	2,55	2,58 – 2,83	SNI 1970-2016
c. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,58	2,58 – 2,83	
d. Persentase Absorpsi Air (%)	1,32	2 – 7	
Kadar Organik	No.5	Maks. No.3	SNI 2816-2014
Kadar Lumpur (%)	4,29	<5	SNI 03-4142-1996
Berat Volume (Kg/m ³)			
a) Kondisi Padat	1733,69	1400 – 1900	SNI 03-4804-1998
b) Kondisi Gembur	1514,03	1400 – 1900	
Kadar Air (%)	1,63	0–5	SNI 1971-2011

4.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Pangkalan, Sumatera Barat. Hasil pemeriksaan agregat kasar ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Dasar Material Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Nilai Spesifikasi	Standar Pengujian
Modulus Kehalusan	6,05	5 - 8	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis			
a. <i>Apparent Specific Gravity</i>	2,80	2,58 – 2,83	
b. <i>Bulk Specific Gravity on Dry</i>	2,65	2,58 – 2,83	SNI 03-1969-2008
c. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,70	2,58 – 2,83	
d. Persentase Absorpsi Air (%)	1,68	2 – 7	
Berat Volume (Kg/m ³)			
a. Kondisi Padat	1518,76	1400 – 1900	SNI 03-4804-1998
b. Kondisi Gembur	1288,10	1400 – 1900	
Kadar Air (%)	1,27	0 – 5	SNI 1971-2011
Ketahanan Aus	48,86	< 40%	SNI 03-2417-1991

4.4 Hasil Pemeriksaan *Slump Flow Test*

Pemeriksaan *slump flow test* yang dilakukan pada penelitian ini memiliki 2 jenis variasi yaitu nilai *slump flow* menggunakan air bersih sebagai air campuran beton dan nilai *slump flow* menggunakan air gambut sebagai air campuran beton. Pada variasi air bersih memiliki nilai *slump flow* 445 mm sedangkan pada variasi air gambut yaitu 425 mm. Pemeriksaan nilai *slump flow test* yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

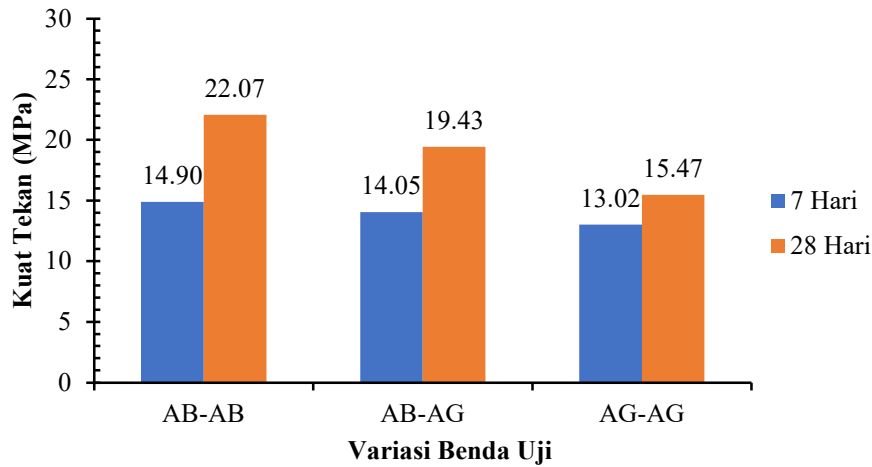
Tabel 4 Hasil Pemeriksaan Nilai *Slump Flow Test*

Air Campuran	Nilai <i>Slump Flow Test</i> (mm)
Air Bersih	445
Air Gambut	425

Sumber: Hasil Pengukuran

4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat benda uji berumur 7 dan 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder yang memiliki diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 7.

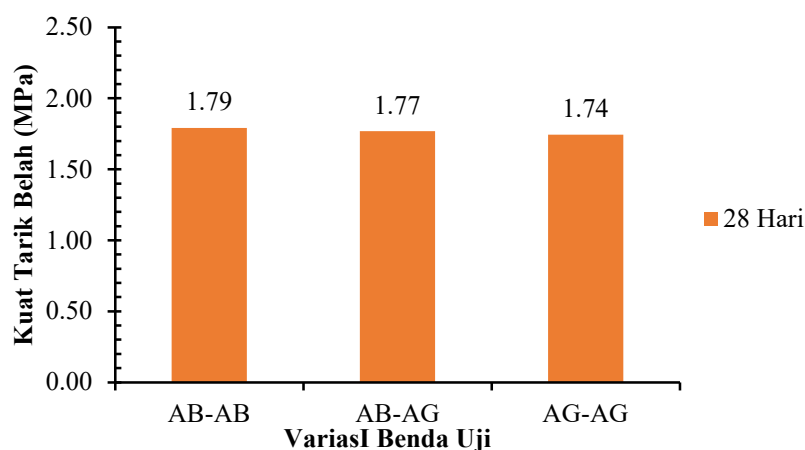


Gambar 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari, beton yang dicor di dalam air (*underwater concrete*) menggunakan air bersih sebagai campuran dan air gambut sebagai rendaman (AB-AG) mengalami penurunan kuat tekan sebesar 11,97% dibandingkan dengan variasi AB-AB. Sedangkan variasi AG-AG memiliki kuat tekan 15,47 MPa dimana nilai tersebut 29,91% lebih rendah dari variasi AB-AB. Hal ini dapat disebabkan karena pengaruh asam air gambut yang digunakan sebagai air campuran dan rendaman dapat menganggu kualitas dari beton tersebut.

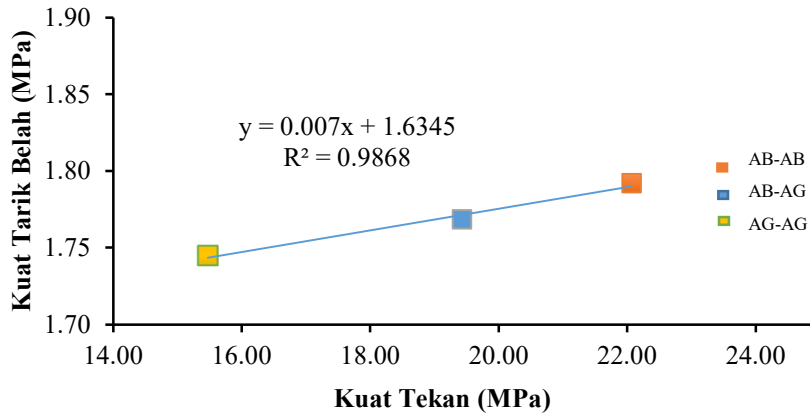
4.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan saat benda uji berumur 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder yang memiliki diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

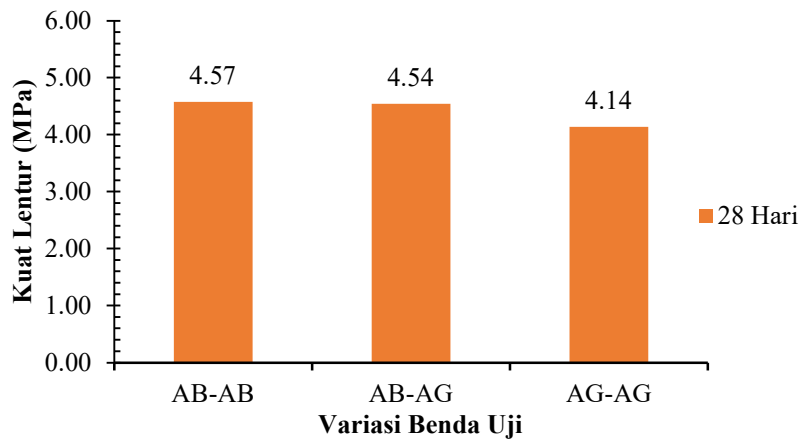
Hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah beton UWC pada umur 28 hari untuk setiap variasi benda uji dapat dilihat pada Gambar 9 di mana dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai R^2 berdasarkan data kuat tekan dan kuat tarik belah adalah sebesar 0,9868.



Gambar 9. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

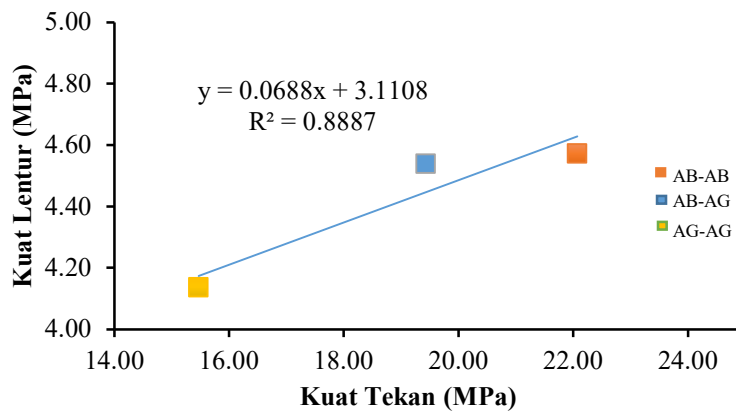
4.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat lentur dilakukan saat benda uji berumur 28 hari dengan benda uji berbentuk balok yang memiliki dimensi 15 cm x 15 cm x 30 cm. Hasil pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Hubungan kuat tekan dan kuat lentur beton UWC pada umur 28 hari untuk setiap variasi benda uji dapat dilihat pada Gambar 11. Gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai R² dari data kuat tekan dan kuat lentur adalah sebesar 0,8887.



Gambar 11. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik beton cor di dalam air (*underwater concrete*) yaitu pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton dengan tambahan *anti washout agent* maka dapat disimpulkan:

1. Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk variasi AB-AG mengalami penurunan kuat tekan sebesar 11,97% jika dibandingkan dengan variasi AB-AB. Sedangkan nilai kuat tekan beton pada variasi AG-AG mengalami penurunan terbesar yaitu 29,91% jika dibandingkan dengan variasi AB-AB.
2. Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada variasi AB-AG mengalami penurunan sebesar 1,32% jika dibandingkan dengan variasi AB-AB. Sedangkan nilai kuat tarik belah pada variasi AG-AG mengalami penurunan terbesar yaitu 2,63% jika dibandingkan dengan variasi AB-AB.
3. Hasil pengujian kuat lentur beton pada variasi AB-AG mengalami penurunan sebesar 0,73% jika dibandingkan dengan variasi AB-AB. Sedangkan variasi AG-AG mengalami penurunan terbesar yaitu 9,52% jika dibandingkan dengan variasi AB-AB.
4. Nilai R₂ dari hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah adalah 0,9868. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara variabel kuat tekan dan kuat tarik belah adalah kuat. Semakin tinggi nilai kuat tekan maka nilai kuat tarik belah akan semakin meningkat.
5. Nilai R₂ dari hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur adalah 0,8887. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara variabel kuat tekan dan kuat lentur adalah kuat. Semakin tinggi nilai kuat tekan maka nilai kuat lentur juga akan semakin meningkat.
6. Hasil pengujian sifat mekanik *underwater concrete* menunjukkan bahwa air gambut yang digunakan sebagai campuran maupun rendaman dapat mempengaruhi nilai dari kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur sehingga kualitas dari beton menurun. Selain itu, bahan *anti washout agent* yang digunakan dapat bekerja dengan baik pada pengecoran di dalam air gambut karena variasi AG-AG mempunyai nilai kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 61,88% dari kuat tekan rencana awal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa saran untuk penelitian berikutnya, antara lain adalah:

1. Perlu adanya bahan tambah yang dapat menyesuaikan kemampuan aliran dan meningkatkan mutu beton pada campuran *underwater concrete*.
2. Perlu menambahkan umur perendaman benda uji di dalam air gambut. Hal tersebut dilakukan untuk mendapat data yang lebih akurat dan dapat mengetahui batasan peningkatan kekuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Dari, A. W., Frieda, & Meilawaty, O. 2021. Pengaruh Air Gambut Sebagai Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Di Kota Palangka Raya. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*. 5(1), 44–55.
- Donald, D., Jack, P., & George, B. 2002. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. ACI Committe 211.
- Efendi, D., & Alhadi, A. 2020. Pengaruh Pemakaian Aditif Anti Washout Agent (Awa) Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanis Beton Dengan Variasi Aliran Turbulen Dan Fas 0.50 Pada Pengecoranbawah Laut. *Sigma Teknika*. 3(2), 200–207. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v3i2.3644>
- Kurniawan, H. 2018. Pengaruh Jenis Aliran Air Terhadap Karakteristik Dan Sifat Mekanis Anti Washout Underwater Concrete Dengan Faktor Air Semen 0,35 Pada Pengecoran Dalam Air Laut. *Sigma Teknika*. 1(2), 226–232.

- Kurniawandy, A., Darmayanti, L., & Pulungan, U. H. 2012. Pengaruh Intrusi Air Laut, Air Gambut, Air Kelapa, Dan Air Biasa Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 11(2), 51–58.
- Miyagawa, T. 2007. *Standard Specifications For Concrete Structures – 2007: Materials and Construction. In Japan Society of Civil Engineers (JSCE) (Guidelines for Concrete No.16)*.
- PUPR, K. 2017. *Spesifikasi Khusus - Interim SKh-1.7.23 Beton Memadat Sendiri*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Purwati, L., Ismeddiyanto, & Yuniarto, E. 2019. Pengaruh Natrium Tripolyphosphate (Na₅P₃O₁₀) Terhadap Sifat Mekanik Beton Cor Di Dalam Air. *Jurnal Teknik*. 13, 104–111. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i2.3604>
- SNI-2419. 2014. *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1–17.
- SNI 7656:2012. 2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 2847:2019. 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 1974-2011. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 4431-2011. 2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standar Nasional Indonesia, 1–16.
- Tondang, Y. S. B., Ismeddiyanto, & Saputra, E. 2021. Kajian Sifat Mekanik Beton Cor di Dalam Air Gambut (Underwater Concrete). *Sainstek (e-Journal)*. 9(2), 77–86. <https://doi.org/10.35583/js.v9i2.191>
- Widodo, S. 2011. *Studi Eksperimental Kuat Lekat Tulangan Pada Pengecoran Beton Di Bawah Air Dengan Bahan Tambah Polycarboxylate*.
- Widodo, S. 2023. *Pemanfaatan High-Flowable Concrete Untuk Pelaksanaan Konstruksi Beton Di Bawah Air*.
- Wirawan, L. S., Respati, R., Handayani, N., Sipil, S. T., Palangkaraya, U. M., & Raya, P. 2022. Pengaruh Rendaman Air Gambut Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Agregat*, 7(2), 698–701.