

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK BETON SERAT KAWAT BENDRAT f'c 20 MPa DENGAN CAMPURAN AIR GAMBUT DAN AIR SUMUR BOR

Zev Al Jauhari¹ dan Fia Apriani²

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis, Jalan Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau

zevaljauhari@polbeng.ac.id¹, viaapriani12345@gmail.com²

Abstrak

Salah satu cara untuk meningkatkan kuat tarik beton adalah dengan menambahkan serat. Serat kawat dengan panjang dan jumlah tertentu dapat meningkatkan nilai karakteristik beton. Penelitian ini menggunakan serat konvensional (kawat bendrat) dengan panjang 6 cm sebanyak 1% terhadap berat semen pada campuran beton. Nilai kuat tekan dan kuat tarik beton akan dibandingkan terhadap campuran air yang berbeda. Beton dengan campuran air sumur bor dan air gambut menggunakan mutu rencana f'c 20 MPa akan diuji pada hari ke-3, 7, 14, dan 28. Nilai kuat tekan dan kuat tarik rata-rata untuk beton normal (air sumur bor) adalah 22.5 MPa dan 2.35 MPa, sedangkan nilai kuat tekan dan kuat tarik beton menggunakan air gambut adalah 19.8 MPa dan 1.9 MPa. Penambahan serat kawat bendrat 1% pada beton menyebabkan penurunan pada nilai kuat tekan dan kuat tarik beton, pada campuran dengan air sumur bor adalah 14.6 MPa dan 1.75 MPa, sedangkan pada air gambut adalah 15.75 MPa dan 1.7 MPa. Dari hasil pengujian, disimpulkan bahwa nilai karakteristik awal (hari ke 3-14) beton dengan campuran air gambut memiliki nilai yang lebih besar daripada beton dengan campuran air sumur bor. Nilai kuat tekan dan kuat tarik beton air sumur bor maupun beton air gambut menurun dengan adanya penambahan serat kawat bendrat. Hal ini disebabkan berlebihnya jumlah atau ukuran serat pada campuran beton mengakibatkan beton menjadi sulit untuk homogen.

Kata Kunci: Beton serat, kawat bendrat, air gambut, kuat tekan, kuat tarik.

Abstract

One of the approaches to increase the tensile strength of concrete is to add fiber. Wire fiber with a certain length and amount can increase the value of concrete characteristics. This study uses conventional fiber (bendrat wire) with 6 cm length and 1% weight of cement in a concrete mixture. The compressive and tensile strength values of concrete will be compared to different water mixes. Concrete with a mixture of bore water and peat water using a plan f'c 20 MPa will be examined on the 3rd, 7th, 14th and 28th days. The average compressive and tensile strength values for normal concrete (bore water) on the 28th day are 22.5 MPa and 2.35 MPa, while the compressive and tensile strength of concrete using peat water are 19.8 MPa and 1.9 Mpa, respectively. The addition of 1% wire fiber to the concrete affects the compressive and tensile strength of the concrete, the mixture with bore water is 14.6 MPa and 1.75 MPa, while that in peat water is 15.75 MPa and 1.7 Mpa, respectively. The results is the initial characteristic value (days 3-14) of concrete with a mixture of peat water has a greater value than concrete with a mixture of bore water. The compressive and tensile strength of bore and peat water concrete decrease with the addition of bendrat wire fiber. This is due to the excessive amount or size of fibers in the concrete mix, it makes the concrete difficult to be homogeneous.

Keywords: Fiber concrete, bendrat wire, peat water, compressive strength, tensile strength.

1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, kebutuhan beton sebagai bahan konstruksi selalu meningkat. Dituntut adanya peningkatan kualitas beton, sehingga diperlukan suatu rancangan campuran yang tepat agar didapatkan mutu beton yang ingin dicapai. Beton memiliki sifat lemah terhadap beban atau kuat tarik. Kuat tarik beton dapat ditingkatkan untuk mampu menahan tegangan tarik, sehingga retakan dapat dikurangi. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai kuat tarik beton adalah dengan menambahkan serat pada adukan beton.

Telah banyak penelitian untuk memperbaiki sifat-sifat kurang baik dari beton tersebut

dengan cara menambahkan serat atau fiber pada adukan beton. Pemikiran dasarnya adalah menulangi beton dengan fiber yang disebarkan merata ke dalam beton segar secara acak (*random*) dan merata, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun pembebanan. Berbagai jenis fiber yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat beton adalah baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), *polymers*, asbes, dan *carbon* [1, 2].

Di Indonesia, konsep pemakaian fiber baja pada adukan beton untuk struktur bangunan teknik sipil belum banyak dikenal dan jarang dipakai dalam aplikasi. Salah satu sebabnya adalah ketersediaan fiber baja di Indonesia serta harganya yang mahal.

Suhendro (1991), telah menemukan bahan lokal yang mudah didapat di Indonesia juga harganya lebih murah dibandingkan dengan fiber baja berupa potongan kawat bendrat diameter 1 mm, panjang 60 mm (aspek rasio $I/d = 60$). Hasilnya menunjukkan peningkatan kualitas beton yaitu beton menjadi sangat liat atau detail (*ductile*) kuat desak, kuat tarik, dan ketahanan terhadap kejut juga meningkat [3].

Elfiandi, (2015) meneliti pengaruh metode curing dengan penambahan serat konvensional (bendrat) terhadap kuat tekan beton. Studi ini membuktikan bahwa penambahan serat-serat pada adukan beton membuat retak-retak yang terjadi pada beton di tahan oleh serat-serat tambahan ini, sehingga kuat tekan beton serat dapat lebih tinggi di bandingkan kuat tekan beton normal [4].

Penggunaan kawat bendrat sebagai bahan tambah dalam penelitian ini didasari oleh mudahnya bahan ini didapat di pasar lokal dan lebih ekonomis dari segi harga dibandingkan dengan serat baja. Serat bendrat memiliki kekuatan serta modulus elastisitas yang relatif tinggi. Disamping itu serat bendrat tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali semen, dan lekatannya pada beton dapat meningkat karena penjangkaran secara mekanika. Pembentukan dalam waktu yang lama tidak berpengaruh terhadap sifat mekanika kawat bendrat.

Kelemahan yang dimiliki kawat bendrat adalah apabila kawat bendrat tidak dalam posisi terlindung dalam beton, maka akan timbul resiko terjadinya korosi. Sehingga penambahan kawat bendrat akan menambah berat sendirinya beton. Sifat kohesi yang tinggi dari serat bendrat juga akan mengakibatkan *balling effect*, yaitu serat akan menggumpal dan tidak tersebar secara merata pada saat pencampuran. Kawat bendrat dapat diandalkan dalam mencegah keretakan dan memperbaiki ketahanan sifat kurang baik bahan beton sebagai akibat kelelahan, beban kejut dan penyusutan.

Kabupaten Bengkalis merupakan kawasan/ daerah yang terkenal dengan tanah gambutnya. Tanah gambut merupakan tanah organik yang terbentuk akibat pelapukan tumbuh tumbuhan yang tergenang air di daerah tropis akibatnya sebagian seratnya masih jelas terlihat pada struktur tanah gambut. Perkembangan Kabupaten Bengkalis semakin pesat diikuti dengan pembangunan yang semakin banyak, baik pembangunan rumah, jembatan, gedung dan lain-lain. Bangunan tersebut dimanfaatkan untuk kepentingan umum maupun pribadi. Kebanyakan bangunan tersebut menggunakan material beton. Meskipun banyak sifat-sifat mekanik dari beton yang perlu diperhatikan akan tetapi tegangan atau kuat tekan dan kuat tarik merupakan salah satu sifat mekanik dari beton yang perlu benar-benar diperhatikan karena pada SNI pengujian kuat tekan lebih diutamakan daripada pengujian sifat mekanik lainnya [5, 6, 7].

Redol, (2016) dengan melakukan pengujian kuat tekan dan porositas beton OPC dan PCC menggunakan air gambut sebagai air pecampuran beton. Penggunaan air gambut sebagai air pecampuran beton sering digunakan pada daerah yang tidak tersedia sumber air bersih. Air gambut sebagai air pecampuran beton dapat mengakibatkan kerusakan dan penurunan masa layan struktur dalam jangka panjang. Nilai kuat tekan beton memenuhi persyaratan minimal 90% dari kuat tekan rencana pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan air gambut sebagai air pecampuran untuk beton dari masih dapat digunakan karena menghasilkan kuat tekan sekitar 90% dibanding kuat tekan rencana awal.

Hal ini menjadi menarik untuk dilakukan penelitian mengenai karakteristik beton (kuat tekan dan kuat tarik) serat dengan menggunakan bahan air campur air gambut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kekuatan (tekan dan tarik) beton dengan memakai air sumur bor dan air gambut, serta pengaruh penambahan serat konvensional terhadap kedua campuran beton di atas.

2. METODE

A. Pemeriksaan karakteristik material

Material yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari Tanjung Balai Karimun. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir alam. Semen yang digunakan pada pengujian ini adalah semen Holcim (PCC). Air untuk campuran beton adalah air gambut Desa Sungai Alam dan air sumur bor Kampus Politeknik Negeri Bengkalis. Adapun jenis pemeriksaan yang dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus tertera pada Tabel 1 [8, 9].

Tabel 1 Pengujian material

| Jenis pemeriksaan | Standard |
|-------------------|------------------|
| Gradasi butiran | SNI 03-1968-1990 |
| Kadar lumpur | ASTM C 142 |
| Berat jenis | SNI 03-1968-1990 |
| Kadar air | SNI 03-1968-1990 |
| Modulus kehalusan | SNI 03-1968-1990 |
| Berat volume | ASTM C 29 |
| Ketahanan aus | SNI 03-2417-1991 |
| Kandungan organik | ASTM C 40 |

B. Mix design

Perencanaan campuran beton merupakan suatu proses teoritis untuk menentukan jumlah masing-masing bahan yang diperlukan dalam suatu campuran beton, hal ini dilakukan agar proporsi dapat memenuhi syarat. Desain campuran (*mix design*) beton dengan menggunakan metode *ACI* dengan faktor air semen 0.5.

Tabel 2 Komposisi campuran beton

| Jenis material | Berat (kg/m ³) |
|---------------------|----------------------------|
| Semen | 404 |
| Air | 202 |
| Agregat Kasar | 955 |
| Agregat Halus | 725 |
| Serat kawat bendrat | 1 |

Mutu beton yang di rencanakan adalah 20 MPa dengan slump rencana 10 cm ± 2 cm. Benda uji beton berbentuk silinder dengan

diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Perincian komposisi campuran beton untuk 1 m³ dengan metode SNI 03-2834-2002 dapat dilihat pada Tabel 2 [8].

C. Serat konvensional (kawat bendrat)

Kawat bendrat merupakan bahan bangunan yang digunakan untuk mengikat antar tulangan besi struktur bangunan. Kawat bendrat memiliki kekuatan dan modulus elastisitas yang relatif tinggi. Disamping itu serat bendrat tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali semen, dan lekatannya pada beton meningkat karena penjangkaran secara mekanika. Serat konvensional yang digunakan adalah kawat bendrat berdiameter 1 mm yang dipotong secara manual sepanjang 6 cm, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Berat jenis kawat bendrat adalah 6.63 gr/cm³. Serat berbentuk I ini dicampurkan ke dalam campuran beton segar ketika nilai slump beton tersebut telah tercapai sebanyak 1% terhadap berat semen.



Gambar 1 Serat konvensional

D. Benda uji

Pembuatan sampel benda uji beton pada penelitian ini sebanyak 64 sampel dengan setiap umur terdiri dari dua sampel. Sampel beton diuji pada umur 3, 7, 21, dan 28 hari. Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, dan kuat tarik belah.

Perawatan beton dilakukan dengan cara perendaman dalam Air Sumur Bor. Rincian sampel dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3 Sampel benda uji

| Pengujian | Air Campuran | Serat | Jumlah sampel |
|------------------|--------------|-------|---------------|
| Kuat tekan | Air sumur | 0% | 8 |
| | bor | 1% | 8 |
| | Air gambut | 0% | 8 |
| | | 1% | 8 |
| Kuat tarik belah | Air sumur | 0% | 8 |
| | bor | 1% | 8 |
| | Air gambut | 0% | 8 |
| | | 1% | 8 |

E. Pengujian beton

Jenis pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi dua pengujian yakni pengujian kuat tekan dan pengujian kuat tarik belah. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis.

1) *Kuat tekan beton*: Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin uji tekan (Compression Test Machine), seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengujian kuat tekan beton

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

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

keterangan:

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm^2)

2) *Kuat tarik belah beton*: Menurut SNI 03-2491-2002, nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Besarnya nilai kuat tarik belah beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2P}{fDL} \quad (2)$$

keterangan:

f_{ct} = kuat tarik belah beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

D = diameter silinder (mm)

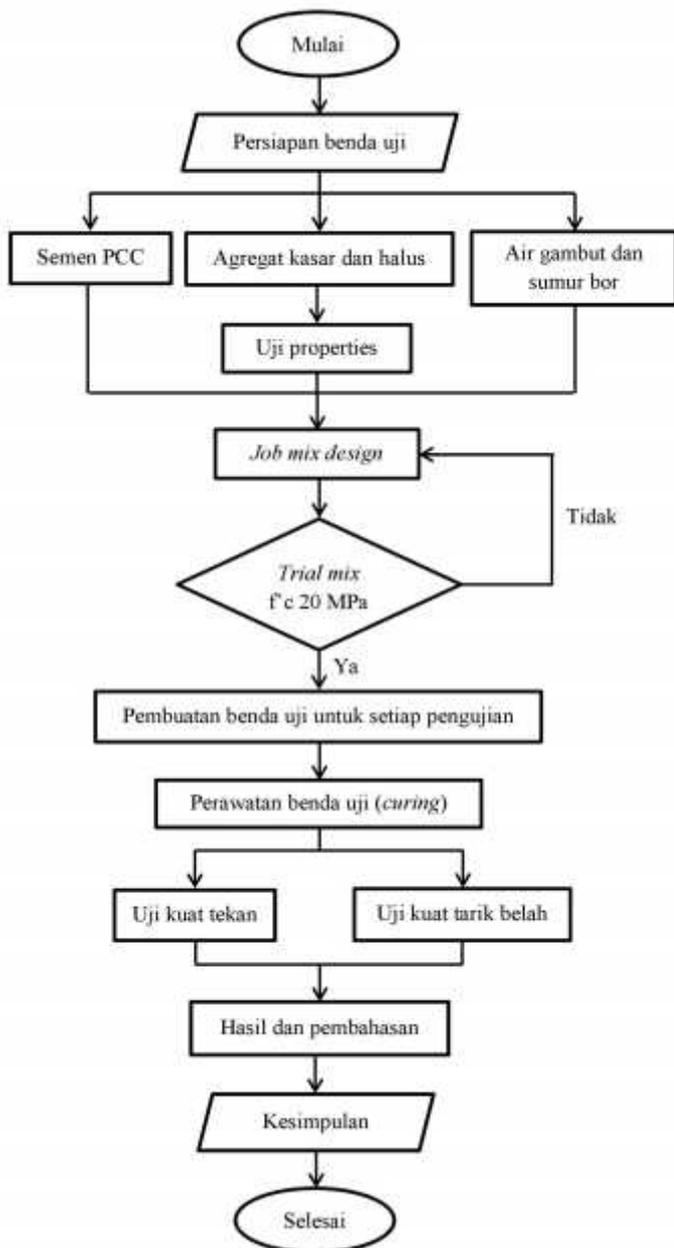
L = panjang silinder (mm)



Gambar 3 Pengujian kuat tarik belah beton

F. Bagan alir penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan yang telah dijelaskan di atas, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pemeriksaan karakteristik material

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan. Hasil pemeriksaan ini akan digunakan untuk perencanaan campuran beton. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar

| No | Jenis pemeriksaan | Hasil | Standar spesifikasi |
|----|------------------------------------|-------|---------------------|
| 1 | Fine modulus | 6.93 | 5 – 8 |
| 2 | Berat jenis | | |
| | a. Apparent SG | 2.73 | 2.5 – 2.7 |
| | b. Bulk SG on dry | 2.62 | 2.5 – 2.7 |
| | c. Bulk SG on SSD | 2.66 | 2.5 – 2.7 |
| | d. Absorption (%) | 2.42 | 2 – 7 |
| 3 | Kadar air (%) | 3.38 | 3 – 5 |
| 4 | Berat volume (gr/cm ³) | 1.44 | 1.2 |
| 5 | Keausan (%) | 14.01 | 40 |

Tabel 5 Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus

| No | Jenis pemeriksaan | Hasil | Standar spesifikasi |
|----|------------------------------------|-------|---------------------|
| 1 | Fine modulus | 2.42 | 1.5 – 3.8 |
| 2 | Berat jenis | | |
| | a. Apparent SG | 2.67 | 2.5 – 2.7 |
| | b. Bulk SG on dry | 2.55 | 2.5 – 2.7 |
| | c. Bulk SG on SSD | 2.63 | 2.5 – 2.7 |
| | d. Absorption (%) | 2.99 | 2 – 7 |
| 3 | Kadar air (%) | 4.1 | 3 – 5 |
| 4 | Berat volume (gr/cm ³) | 1.50 | 1.2 |
| 5 | Kadar lumpur (%) | 2.65 | < 5 |
| 6 | Kadar zat organik | No. 1 | No. 3 |

B. Hasil pengujian kuat tekan

Hasil uji kuat tekan beton untuk seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 4. Perbandingan nilai kuat tekan beton berdasarkan bahan campuran dan umur pengujian diilustrasikan pada Gambar 5 dan 7. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa air gambut memberikan nilai kekuatan tekan beton yang lebih baik di awal (3 hingga 14 hari). Kuat tekan beton tertinggi pada umur 3, 7, dan 14 hari adalah beton air gambut dengan nilai 16,25; 19,8; dan 20,4 MPa. Sedangkan pada umur 28 hari, kuat tekan beton tertinggi dimiliki oleh beton air sumur bor dengan nilai rata-rata 22,5 MPa.

Penambahan serat kawat bendrat pada beton air sumur dan air gambut tidak memberikan nilai kuat tekan yang baik. Nilai kuat tekan beton air sumur bor dengan penambahan serat dari hari ke 3 hingga 28 relatif konstan, yaitu 12,4 hingga 14,6 MPa. Nilai ini 35% lebih rendah daripada nilai kuat tekan beton tanpa

serat pada hari ke 28. Nilai kuat tekan beton air gambut dengan penambahan serat adalah 11,95 sampai 16,75 MPa untuk hari ke 3 dan 28. Nilai ini 23% lebih rendah daripada nilai kuat tekan beton tanpa serat pada hari ke 28.

Secara umum, terjadi penurunan kuat tekan beton akibat penambahan serat sebesar 29 %.

C. Hasil pengujian kuat tarik belah

Hasil uji kuat tarik belah beton untuk seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 5. Perbandingan nilai kuat tarik belah beton berdasarkan bahan campuran dan umur pengujian diilustrasikan pada Gambar 6 dan 8. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa air gambut memberikan nilai kuat tarik awal yang tinggi dibandingkan dengan campuran air sumur bor. Kuat tarik beton tertinggi pada umur 3, 7, dan 14 hari adalah beton air gambut tanpa serat dengan nilai 1,55; 1,65; dan 1,9 MPa. Sedangkan pada umur 28 hari, nilai kuat tarik belah beton terbesar adalah 2,3 MPa beton air sumur bor tanpa serat.

Penambahan serat kawat bendrat pada beton air sumur dan air gambut tidak mampu meningkatkan nilai kuat tarik belah beton.

Nilai kuat tarik belah beton air gambut dengan penambahan serat dari hari ke 7 hingga 28 memiliki nilai yang lebih besar daripada beton air sumur bor dengan penambahan serat, yaitu 1,55; 1,7; dan 2,0 MPa. Nilai ini 11% lebih besar daripada nilai kuat tarik beton air sumur bor dengan penambahan serat. Secara umum, terjadi penurunan kuat tarik belah beton akibat penambahan serat sebesar 14%. Hal ini disebabkan berlebihnya jumlah atau ukuran serat pada campuran beton mengakibatkan beton menjadi sulit untuk homogen [10, 11].

Beton dengan campuran air gambut tidak memperlihatkan kerusakan yang berat terhadap beton. Hal tersebut dikarenakan beberapa kandungan kimia pada air gambut masih berada di bawah batas maksimum kandungan kimia air sebagai pencampur beton.

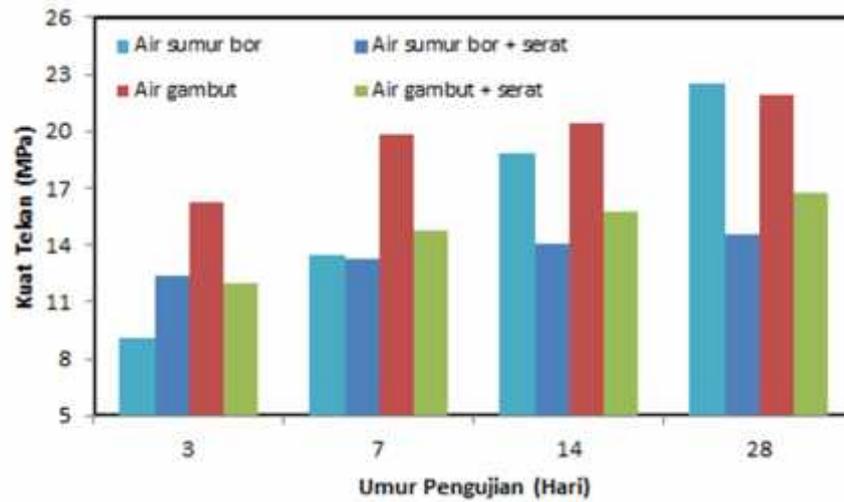
Hasil di atas menunjukkan bahwa air gambut masih bisa dan layak digunakan sebagai air pencampur karena memiliki nilai lebih dari 90 % kuat tekan beton normalnya [5]. Seperti yang telah disebutkan dalam SNI 03-2847-2002 tentang syarat air yang digunakan sebagai air pencampur beton.

Tabel 5 Hasil pengujian kuat tekan benda uji beton

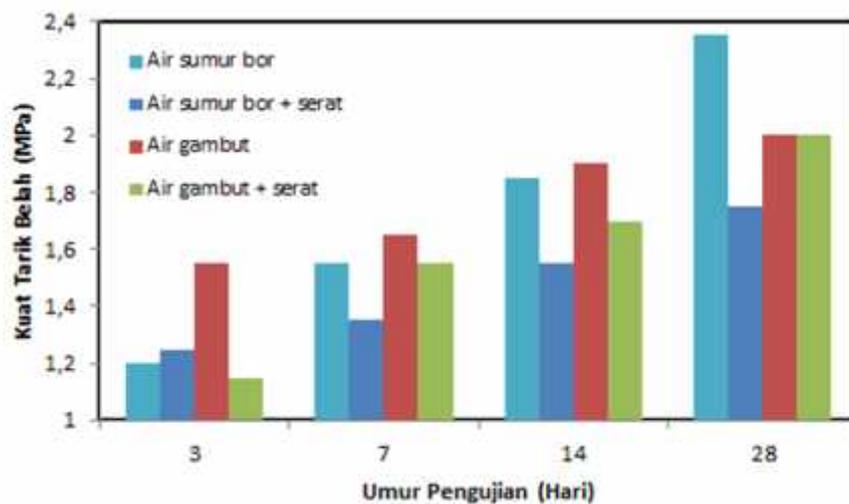
| Air Campuran | Serat (%) | Sampel | Kuat Tekan Hari ke – (MPa) | | | |
|---------------|-----------|--------|----------------------------|------|------|------|
| | | | 3 | 7 | 21 | 28 |
| Air Sumur Bor | 0 | I | 11,3 | 14,5 | 18,3 | 20,8 |
| | | II | 7 | 12,5 | 19,3 | 24,2 |
| | 1 | I | 16 | 14,6 | 16,6 | 17,4 |
| | | II | 16,5 | 10,2 | 9,9 | 11,8 |
| Air Gambut | 0 | I | 12,4 | 19,8 | 20,3 | 20,8 |
| | | II | 15,8 | 19,8 | 20,5 | 23,1 |
| | 1 | I | 12,4 | 17,7 | 16 | 18 |
| | | II | 11,5 | 11,9 | 15,5 | 15,5 |

Tabel 5 Hasil pengujian kuat tarik benda uji beton

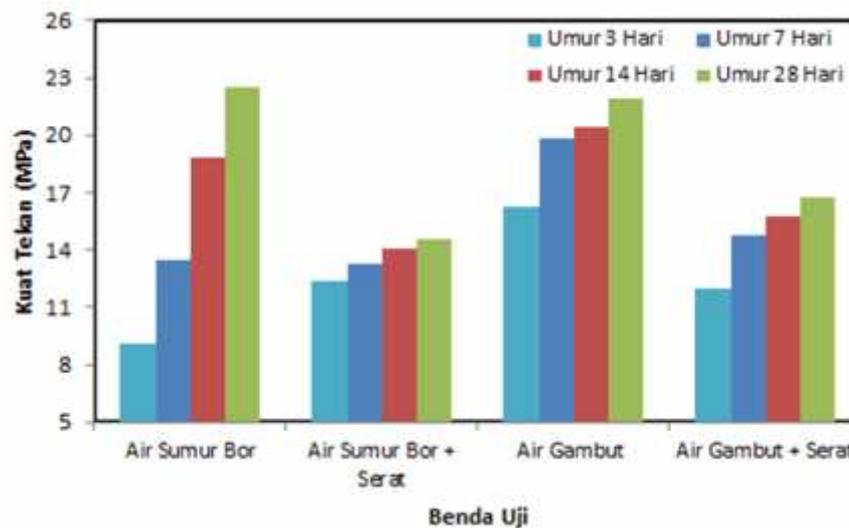
| Air Campuran | Serat (%) | Sampel | Kuat Tarik Hari ke – (MPa) | | | |
|---------------|-----------|--------|----------------------------|------|------|------|
| | | | 3 | 7 | 21 | 28 |
| Air Sumur Bor | 0 | I | 11,3 | 14,5 | 18,3 | 20,8 |
| | | II | 7 | 12,5 | 19,3 | 24,2 |
| | 1 | I | 16 | 14,6 | 16,6 | 17,4 |
| | | II | 16,5 | 10,2 | 9,9 | 11,8 |
| Air Gambut | 0 | I | 12,4 | 19,8 | 20,3 | 20,8 |
| | | II | 15,8 | 19,8 | 20,5 | 23,1 |
| | 1 | I | 12,4 | 17,7 | 16 | 18 |
| | | II | 11,5 | 11,9 | 15,5 | 15,5 |



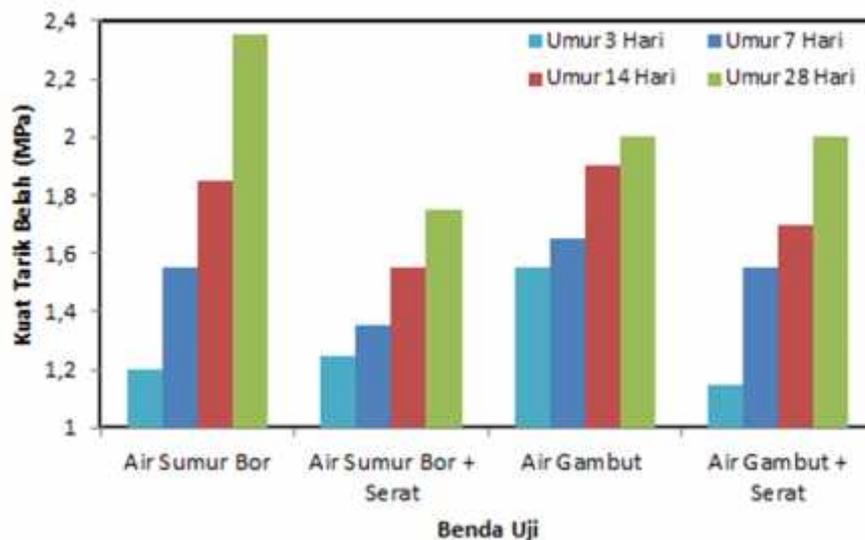
Gambar 5 Hasil pengujian kuat tekan beton berdasarkan umur pengujian



Gambar 6 Hasil pengujian kuat tarik belah beton berdasarkan umur pengujian



Gambar 7 Hasil pengujian kuat tekan beton berdasarkan air campuran dan penambahan serat



Gambar 8 Hasil pengujian kuat tarik beton berdasarkan air campuran dan penambahan serat

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian beton dengan parameter air campuran dan penambahan serat, dapat disimpulkan bahwa:

- Air gambut memberikan nilai kekuatan tekan beton yang lebih baik di awal (3 hingga 14 hari). Kuat tekan beton tertinggi pada umur 3, 7, dan 14 hari adalah beton air gambut dengan nilai 16,25; 19,8; dan 20,4 MPa. Sedangkan pada umur 28 hari, kuat tekan beton tertinggi dimiliki oleh beton air sumur bor dengan nilai rata-rata 22,5 MPa.
- Penurunan mutu beton air gambut pada umur 28 hari dipengaruhi oleh kandungan asam yang terkandung dalam air gambut, namun air gambut masih layak digunakan sebagai air pencampur beton.
- Secara umum, terjadi penurunan kuat tekan beton akibat penambahan serat sebesar 29 %.
- Kuat tarik beton tertinggi pada umur 3, 7, dan 14 hari adalah beton air gambut tanpa serat dengan nilai 1,55; 1,65; dan 1,9 MPa. Sedangkan pada umur 28 hari, nilai kuat tarik belah beton terbesar adalah 2,3 MPa beton air sumur bor tanpa serat.

- Kuat tarik belah beton menurun sebesar 14% akibat penambahan serat. Hal ini disebabkan berlebihnya jumlah atau ukuran serat pada campuran beton mengakibatkan beton menjadi sulit untuk homogen.
- Nilai kuat tekan beton sejalan dengan kuat tarik belah beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. K. P. Irvan, Ismeddyanto, and Z. Djauhari, *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Berbentuk "U" terhadap Sifat Mekanis Beton*, Jom FTEKNIK, vol. 4, no. 2, Okt. 2017.
- [2] F. Julianto, E. Samsurizal, dan C. D. Mungok, *Pengaruh Campuran Kawat Bendrat Terhadap Kekuatan Balok Beton Dengan Mutu 20 MPa*, Teknik Sipil FT Untan, 2016.
- [3] B. Suhendro, *Ketahanan Kejut (Impact Resistance) Beton Fiber Lokal Dan Kemungkinan Aplikasinya Pada Struktur-Struktur Sabo Untuk Penanggulangan Bahaya Gunung Merapi*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas – Ilmu Teknik UGM, Ditjen DIKTI, 1991.
- [4] Elfiandi, *Pengaruh Metode Curing Dengan Penambahan Serat Konvensional (Bendrat)*

- Terhadap Kuat Tekan Beton*, Tugas Akhir Politeknik Negeri Bengkalis, 2015.
- [5] A. Prasetyo, M. Olivia, and Ismeddyanto, *Sifat Mekanis Beton OPC dan OPC POFA menggunakan air gambut sebagai air pencampur*, Jom FTEKNIK, vol. 4, no. 1, Feb. 2017.
- [6] T. Wianto, dan N. H. Haryanti, *Analisis Pengaruh Air Gambut dan Aquades Terhadap Kuat Tekan pada Material Semen*, J. Sains MIPA, Vol. 13, No. 2, Hal. 113 -116, Agustus 2007.
- [7] D. Santoso, Herwani, dan G. S. Budi, *Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Genangan Air Gambut Terhadap Kuat Tekan Beton Adukan Kering*, Jurnal Teknik Sipil UNTAN.
- [8] Badan Standar Nasional, *SNI 03-2491-2002: Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*, Bandung, 2002.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-1974-1990: Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Bandung, 1990.
- [10] S. Meidiani, M. F. S. Hartawan, *Penggunaan Variasi PH Air (Asam) pada Kuat Tekan Beton Normal $F'c$ 25 MPa*, Jurnal BENTANG Vol. 5 No. 2, Juli 2017.
- [11] Elhusna, A. Gunawan, *Perbaikan Perilaku Kuat Tekan Beton Air Rawa dengan Metode Penyaringan Air*, Jurnal Inersia vol. 6, no. 2, April 2014.