

**PENGARUH KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON MENGGUNAKAN
AGREGAT KASAR BATU APUNG DENGAN TAMBAHAN KAWAT
BENDRAT 50 MM**

(Variasi Kawat Bendrat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1%)

Junaidi Abdurajak¹, As'at Pujiyanto², Restu Faizah³

Email : Arjunaidi30@gmail.com

INTISARI

Beton banyak digunakan sebagai bahan bangunan di Indonesia karena mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan bahan struktur lain. Kelebihan beton tersebut diantaranya adalah bahan baku yang mudah didapat, harga relatif murah, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, dan tidak memerlukan biaya yang terlalu mahal dalam perawatannya. Disamping mempunyai kelebihan, beton juga memiliki kekurangan dalam penggunaannya yaitu beton sulit menahan berat sendiri akibat beban yang bekerja dan tidak mampu menahan tegangan tarik akibat memiliki sifat getas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat kawat bendrat terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton menggunakan agregat kasar batu apung (pumice).

Dalam penelitian ini variasi serat kawat bendrat yang ditambahkan dalam campuran beton yaitu 0% (normal), 0,5%, 0,75% dan 1% dengan panjang serat 50 mm diameter 1 mm. Benda uji pada penelitian ini berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 24 buah terdiri dari 12 buah untuk pengujian kuat tekan dan 12 buah untuk pengujian kuat tarik belah, dalam setiap variasi diambil 3 buah benda uji untuk dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, hasil pengujian kuat tekan beton dengan agregat kasar batu apung (pumice) diperoleh persamaan $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247$ dengan variasi serat 0%, 0,5%, 0,75% dan 1% berturut-turut adalah 7,247 MPa, 8,934 MPa, 9,516 MPa dan 9,925 MPa. Dengan peningkatan kuat tekan maksimum terjadi pada variasi serat 1% yaitu sebesar 38,825%. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan agregat kasar batu apung (pumice) diperoleh persamaan $y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145$ dengan variasi serat 0%, 0,5%, 0,75% dan 1% berturut-turut adalah 2,145 MPa, 3,648 MPa, 4,025 MPa dan 4,152 MPa. Dengan peningkatan kuat tarik belah maksimum terjadi pada variasi serat 1% yaitu sebesar 98,165%.

Kata Kunci : beton ringan, beton serat, kawat bendrat, kuat tekan, kuat tarik.

¹ 20120110091 Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMY

² Dosen Pembimbing I

³ Dosen Pembimbing II

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bangunan konstruksi yang terdapat di Indonesia pada umumnya menggunakan beton sebagai bahan struktur utama. Dalam penggunaan beton, terdapat beberapa kekurangan yaitu beton sulit menahan berat struktur yang besar akibat beban dari berat beton sendiri dan tidak mampu menahan tegangan tarik akibat beton memiliki sifat getas.

Untuk mengurangi kekurangan dari beton akibat tidak bisa menahan beban sendiri, maka digunakan beton ringan. Beton ringan adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ (SK SNI T-03-3449-2002). Salah satu cara membuat beton ringan yaitu dengan menggunakan batu apung (*pumice*) sebagai pengganti agregat kasar pada beton.

Batu apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat (tekmira.esdm.go.id). Dengan mengganti agregat kasar menggunakan batu apung pada campuran beton diharapkan dapat memperbaiki kekurangan pada beton dan beton menjadi ramah lingkungan.

Selain itu karena beton memiliki sifat getas maka beton tidak mampu menahan tegangan tarik akibat beban yang bekerja sehingga pada permukaan beton timbul retak-retak. Karena kekurang tersebut maka pada campuran beton diberi serat, beton yang diberi serat dinamakan beton serat. Beton serat ialah bagan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (Tjokrodimulyo, 2007). Serat yang ditambahkan pada campuran beton berupa potongan kawat bendrat.

Penambahan serat kawat bendrat berguna untuk mencegah adanya retak-retak pada beton.

Pada penelitian ini beton ringan batu apung diberi tambahan serat berupa kawat bendrat dengan variasi 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1%. Pemberian variasi ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai kuat tekan dan kuat tarik maksimum untuk beton ringan berserat dari tiap-tiap variasi tersebut.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan kawat bendrat dengan ukuran 50 mm terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan batu apung ?
2. Berapa kadar serat kawat bendrat dengan ukuran 50 mm yang menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan batu apung yang paling maksimum ?
3. Bagaimana perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan batu apung dengan beton ringan batu apung yang diberi bahan tambah kawat bendrat 50 mm ?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk memeriksa besar kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan batu apung dengan serat kawat bendrat ukuran 50 mm.
2. Untuk memeriksa presentase serat kawat bendrat ukuran 50 mm agar didapat kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan batu apung yang paling maksimum.
3. Untuk memeriksa perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan batu apung dengan beton ringan batu apung yang diberi bahan tambah kawat bendrat 50 mm.

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Campuran beton menggunakan SNI 03-2834-2002.
2. Agregat kasar batu apung dari Mataram, Lombok, NTB.
3. Agregat halus pasir dari Merapi, daerah Muntila.
4. Semen yang digunakan yaitu semen *Portland* tipe I dengan merk Holcim
5. Air dari Laboratorium Teknologi Bahan Kontruksi, Jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Serat kawat bendrat dengan ukuran 50 mm, dari PT. Makmur Maju Sejahterah.
7. Presentase serat kawat bendrat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1,0% dari volume benda uji silinder beton.
8. Benda uji berupa silinder beton dengan diameter ± 15 cm dan tinggi ± 30 cm.
9. Setiap variasi terdiri dari 6 benda uji, 3 benda uji untuk uji kuat tekan dan 3 benda uji untuk uji kuat tarik belah.
10. Nilai FAS = 0,48
11. Umur beton yang diuji adalah 28 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Sebelumnya

1. Penelitian Purwanto (2011), yang meneliti tentang pengaruh presentase penambahan serat terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan. Penelitian ini dilakukan dengan mengganti agregat kasar menggunakan agregat yang lebih ringan yaitu ALWA. Penelitian ini mengevaluasi seberapa besar kemampuan beton ringan berserat kawat galvanis terhadap pengujian mekanik berupa kuat tekan dan kuat tarik belah. Variasi serat yang digunakan yaitu 0%; 0,3%; 0,75%; 1% dengan panjang serat 60 mm diameter 1 mm. Hasil pengujian kuat tekan, nilai untuk masing-masing variasi serat 0%;

0,3%; 0,75% dan 1% berturut-turut adalah 21,58 MPa; 24,00 MPa; 24,81 MPa dan 25,01 MPa. Dengan peningkatan kuat tekan optimum terjadi pada variasi serat 1% yaitu 15,89%. Hasil pengujian kuat tarik belah, nilai untuk masing-masing variasi serat 0%; 0,3%; 0,75% dan 1% berturut-turut adalah 2,23 MPa; 2,76 MPa; 3,50 MPa dan 3,61 MPa. Dengan peningkatan kuat tarik belah optimum terjadi pada variasi serat 1% yaitu 61,90%.

2. Penelitian Nikmah (2015), yang meneliti tentang pengaruh penambahan serat seng pada beton ringan dengan teknologi gas terhadap kuat tekan, kuat tarik belah. Variasi prosentase serat serat 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berjumlah 6 buah per sampel benda uji akan diuji setelah berumur 28 hari. Dari hasil penelitian diperoleh kuat tekan dengan kadar serat 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut adalah 8,431 MPa, 10,284 MPa, 13,374 MPa, 11,814 MPa, dan 9,755 MPa. Kuat tekan maksimum adalah pada beton ringan gas dengan kadar serat 0,509% dengan nilai optimum adalah sebesar 13,377 MPa. Kuat tarik belah dengan kadar serat sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut adalah 1,385 MPa, 1,895 MPa, 2,023 MPa, 1,945 MPa, dan 1,816 MPa. Kuat tarik belah maksimum adalah pada beton ringan gas dengan serat sebesar 0,497% dengan nilai optimum adalah sebesar 2,023 MPa.
3. Penelitian Gunawan, Prayitno, Cahyadi (2013), yang meneliti tentang pengaruh penambahan serat galvalum AZ 150 pada beton ringan dengan teknologi foam terhadap kuat tarik dan kuat tekan. Variasi serat 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1%. Hasil pengujian kuat tekan meningkat sebesar 34,09% dan kuat tarik belah meningkat sebesar 47,37%.

Keaslian Penelitian

Hasil-hasil penelitian sebelumnya tentang pemakaian serat pada beton ringan, menunjukkan peningkatan pada nilai kuat tekan dan kuat tariknya. Hal ini dipengaruhi oleh jenis agregat kasar, metode dan variasi/persentase pemberian serat pada campuran beton.

Keaslian penelitian, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik beton menggunakan agregat kasar batu apung dengan tambahan kawat bendrat 50 mm dan variasi pemberian serat kawat bendrat sebesar 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% belum ada yang meneliti. Sehingga dengan adanya penelitian ini dapat menjadi referensi baru dalam perencanaan beton.

LANDASAN TEORI

Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI-03-2847-2002).

Kuat Tekan Beton

Menurut Tjokrodinuljo (2007), beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tarik rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekannya tinggi, umumnya sifat-sifat yang lain juga baik. Rumus kuat tekan beton (f_c') adalah :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dengan : f_c' = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang (mm^2)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton :

1. Umur beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan umur disini dihitung sejak

beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu semakin lambat dan laju kenaikan tersebut menjadi sangat kecil setelah berumur 28 hari, sehingga secara umum dianggap tidak naik lagi setelah berumur 28 hari.

2. Faktor air semen

Faktor air semen (FAS) ialah perbandingan berat antar air dan semen *Portland* didalam campuran adukan beton. Dalam praktek, nilai faktor air semen berkisar antara 0,40 dan 0,60.

3. Kepadatan beton

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang.

4. Jumlah pasta semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terelimuti pasta semen.

5. Jenis semen

Semen *Portland* untuk pembuatan beton terdiri dari beberapa jenis, masing-masing jenis semen *Portland* (termasuk Semen *Portland Pozolan*) mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras, dan sebagainya, sehingga mempengaruhi pula terhadap kuat tekan betonnya.

6. Sifat agregat

Agregat terdiri atas agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil atau batu pecah). Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain kekasaran permukaan, bentuk agregat dan kuat tekan agregat.

Kuat Tarik Beton

Menurut Paul Nugraha dan Antoni (2007), Uji kuat tarik dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Spesimen silinder

direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Uji ini disebut juga *Splitting test* atau *Brazilian test* karena metode ini diciptakan di Brazil. Rumus kuat tarik belah beton adalah :

$$T = \frac{2P}{\pi L D}$$

Dengan : T = Kuat Tarik Beton (Mpa)
P = Beban hancur (N)
L = Panjang spesiman (mm)
D = Diameter spesimen (mm)

Beton Ringan

Menurut Tjokrodimuljo (2007), beton disebut sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m³. Pada dasarnya, beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara kedalam campuran betonnya.

Bahan Tambah dan Beton Serat

1. Bahan Tambahan

Menurut Tjokrodimuljo (2007), Bahan tambahan ialah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan kedalam campuran adukan beton selam pengadukan, dengan tujuan mengubah sifat adukan atau betonnya (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton Standar, SK SNI S-18-1990-03).

Pemberian bahan tambah pada adukan beton dengan maksud untuk : memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapa, menambah keawetan dan sebagainya.

2. Beton Serat

Beton serat (*fibre concrete*) ialah bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 µm (mikro meter), dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm. Bahan serat dapat berupa : serat *asbestos*, serat tumbuh-

tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja.

Bahan Penyusun Beton

1. Semen Portland

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam), SK-SNI-S-04-1989-F).

Fungsi semen ialah untuk bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat.

2. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

- Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
- Kerikil, untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm.
- Pasir, untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk :

- bereaksi dengan semen *portland*.
- Menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang, dipadatkan).

Batu Apung

Menurut (tekmira.esdm.go.id), batu apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang

terbuat dari gelembung ber dinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunungapi yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik.

Kawat Bendrat

Menurut (info.teknik.sipil.com), kawat bendrat merupakan kawat yang berdiameter kecil tapi ukurannya panjang. Fungsi daripada kawat bendrat adalah untuk mengikat besi beton ulir atau polos yang dijadikan sebagai tulangan untuk kolom, *shearwall*, *floor deck*, atau lainnya. Pengikatan dilakukan agar rangkaian tidak lepas saat akan diberikan adukan semen & pasir. Menurut (Wikipedia.com), Kawat bendrat memiliki berat jenis sebesar 6680 kg/m³ kuat tarik sebesar 38,5 MPa dengan perpanjangan saat putus sebesar 5,5%.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Semen *Portland* (Type I) merk Holcim
2. Agregat kasar berupa batu apung dengan ukuran 25 mm dari Mataram, Lombok, NTB.
3. Agregat halus berupa pasir Merapi dari Muntilan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta.
4. Air dari Laboraturium Teknologi Bahan Kontruksi, Jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Serat kawat bendrat dengan ukuran 50 mm.

Alat

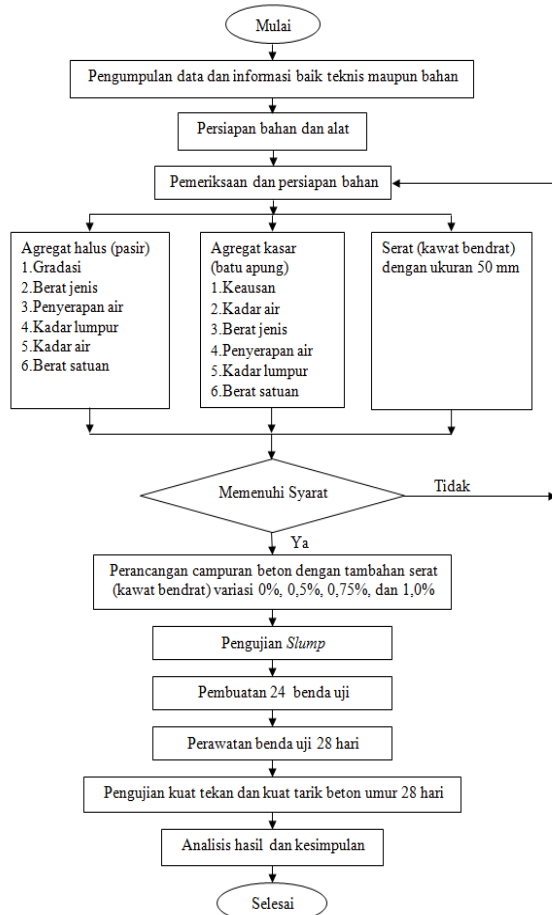
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Timbangan, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton.

2. Saringan standar ASTM.
3. Gelas ukur 1000 ml, untuk menakar volume kebutuhan air.
4. *Oven*, digunakan untuk mengeringkan sampel dalam pemeriksaan bahan-bahan yang digunakan dalam campuran beton.
5. Labu *Erlenmeyer*, untuk pemeriksaan berat jenis.
6. Cetakan beton, digunakan cetakan silinder dengan diameter 15 cm × 30 cm.
7. Sekop, cetok dan talam, digunakan untuk menampung dan menuang adukan beton kedalam cetakan.
8. Palu dan penumbuk kayu, untuk memecahkan batu apung sesuai ukuran yang di tentukan dalam penelitian.
9. Penggaris dan *kaliper* untuk mengukur dimensi benda uji yang digunakan.
10. Kerucut *Abrahams*, untuk mengukur mengukur kelecakan beton segar atau uji *slump*.
11. Penumbuk batang baja dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm, digunakan pada saat melakukan pengujian *slump* dan saat memasukkan beton kedalam cetakan.
12. Mesin molen, untuk mencampur bahan membuat beton..
13. Mesin *Los Angles*, untuk menguji tingkat keausan agregat kasar.
14. Mesin uji tekan beton merk *Hung Ta* 8391 PC dengan kapasitas 2000 kN dan Mesin uji tarik beton merk *Hung Ta* 8502 MC dengan kapasitas 300 kN, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dan kuat tarik dari beton yang dibuat.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari persiapan bahan dan alat pemeriksaan bahan susun, pembuatan *mix design* dengan memakai takaran perbandingan volume, hingga pengujian kuat tekan dan tarik. Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

Analisis Hasil

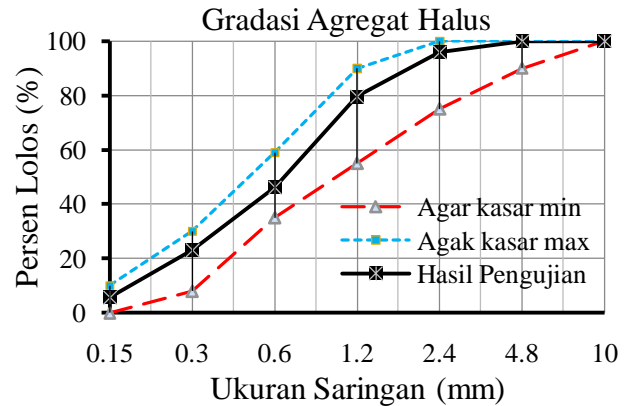
Setelah pelaksanaan penelitian selesai, maka akan didapatkan beberapa data yang nantinya akan digunakan untuk membuat pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini. Adapun data-data yang didapatkan sebagai berikut :

1. Data hasil pemeriksaan agregat halus (pasir).
2. Data hasil pemeriksaan agregat kasar (batu apung).
3. Data hasil uji kuat tekan dan tarik beton dengan tambahan serat kawat bendrat (variasi 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1,0%).
4. Data hasil berat satuan beton.
5. Grafik hubungan variasi serat dan kuat tekan beton.
6. Grafik hubungan variasi serat dan kuat tarik belah beton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

1. Gradasi agregat halus



Gambar 2 grafik gradasi agregat halus

2. Kadar air agregat halus

Pemeriksaan kadar air untuk pasir dalam keadaan jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry*) didapatkan hasil sebesar 2,53%. Hasil tersebut belum memenuhi syarat umum untuk kadar air normal pada agregat halus (pasir), pada umumnya kadar air yang normal untuk agregat halus (pasir) berkisar antara 1% - 2% (Tjokrodinuljo, 2007).

3. Berat jenis dan penyerapan air

Hasil yang didapat pada pemeriksaan berat jenis pasir jenuh kering muka sebesar 2,66. Hasil tersebut menunjukkan pasir tergolong sebagai agregat normal, karena agregat normal ialah agregat yang mempunyai berat jenis antara 2,3 - 3,1 (ASTM C.33 dalam Mulyono, 2004) sedangkan berat jenis agregat ringan adalah kurang dari 2,0. Untuk pemeriksaan penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka hasilnya adalah 11,11%. Dari hasil pemeriksaan agregat halus yang digunakan termasuk agregat normal, agregat normal mempunyai kemampuan serap air kurang dari 3% (SII.0052 dalam Mulyono, 2004).

4. Berat satuan agregat halus

Dari hasil pemeriksaan didapat berat satuan agregat halus (pasir) dalam keadaan (*Saturated Surface Dry*) sebesar 1,425 gr/cm³. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh juga pada proses pengerjaan beton dalam jumlah besar, dan juga berpengaruh untuk kuat tekan beton, dimana apabila agregatnya porous maka bisa terjadi penurunan pada kuat tekan beton (Mulyono, 2004).

5. Kadar lumpur agregat halus

Pemeriksaan kadar lumpur pada pasir didapat hasil sebesar 2,73%, lebih kecil dari standar yang ditetapkan untuk beton normal yaitu sebesar 5% (ASTM C.33 dalam Mulyono, 2004). Sehingga pada penelitian ini pasir tidak perlu dicuci terlebih dahulu saat digunakan.

Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Apung)

1. Kadar air agregat kasar

Kadar air untuk batu apung dalam kondisi *Saturated Surface Dry (SSD)* didapat sebesar 26,03%. Dari hasil pemeriksaan tersebut kadar air agregat kasar (batu apung) belum termasuk dalam koridor normal, Syarat kadar air maksimum untuk agregat normal adalah sebesar 2% (SII.0052 dalam Mulyono, 2004).

2. Berat jenis dan penyerapan air

Berat jenis batu apung dalam keadaan SSD adalah 1,08, sehingga masih tergolong dalam agregat ringan, karena berat jenis agregat yaitu antara 1,00-2,00 (Tjokrodinuljo, 2007). Hasil pemeriksaan penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah sebesar 55,25%, sehingga agregat kasar (batu apung) ini tergolong agregat ringan.

3. Keausan butir agregat kasar

Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar (batu apung) adalah sebesar 36,5% yang dapat digunakan untuk pembuatan beton ringan dengan mutu diatas 10 Mpa

atau kelas mutu II yang memiliki kekuatan beton 10 Mpa – 20 Mpa dengan maksimum bagian yang menembus ayakan pada uji *los angeles* 40 %, didapat dari tabel 3.4.

4. Berat satuan agregat kasar

Pada pemeriksaan ini berat satuan agregat kasar (batu apung) adalah 0,622 gr/cm³. Berat satuan ini berfungsi untuk mengidentifikasi apakah agregat tersebut porous atau mampat. Untuk berat satuan agregat diatas agregat ini tergolong agregat ringan.

5. Kadar lumpur agregat kasar

Untuk pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar (batu apung), sebelumnya batu apung dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan lumpur dan kotoran yang melekat pada permukaan agregat. Hasil dari pemeriksaan ini diperoleh sebesar 0,93% mendekati nilai standar yang ditetapkan yaitu 1% (SII.0052 dalam Mulyono, 2004).

Hasil Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton menggunakan metode adukan beton normal (SK SNI 2002 dalam Tjokrodinuljo, 2007). Penelitian ini menggunakan 4 variasi campuran beton dengan tambahan serat (kawat bendrat), yang terdiri dari : 0% (normal), 0,5%, 0,75%, dan 1%, pemberian kadar serat berdasarkan volume dari beton. Data perencanaan campuran beton dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1 Kebutuhan untuk 1 benda uji

| Jenis Beton | Air (ml) | Pasir (gr) | Batu Apung (gr) | Semen (gr) |
|-------------------|----------|------------|-----------------|------------|
| 0% (Normal) | 1085,9 | 2453,3 | 4268,2 | 2262,4 |
| Kadar Serat 0,5% | 1085,9 | 2453,3 | 4268,2 | 2262,4 |
| Kadar Serat 0,75% | 1085,9 | 2453,3 | 4268,2 | 2262,4 |
| Kadar Serat 1% | 1085,9 | 2453,3 | 4268,2 | 2262,4 |

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

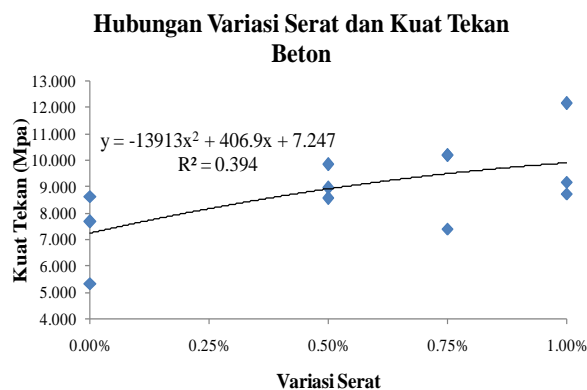
Pada penelitian ini pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan pada 3 benda uji silinder beton dengan diameter 15 cm × 30 cm untuk setiap variasi betonnya. Kekuatan tekan hasil uji beton diambil berdasarkan rata-rata kuat tekan 3 benda uji dari tiap variasi tersebut. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada pada tabel 2 dan gambar 3.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

| Variasi Serat | Benda Uji | Kuat Tekan (Mpa) | Rata-rata Kuat Tekan (Mpa) |
|---------------|-----------|------------------|----------------------------|
| 0% | 1 | 5.341 | 7.217 |
| | 2 | 8.644 | |
| | 3 | 7.666 | |
| 0,5% | 1 | 8.953 | 9.119 |
| | 2 | 9.845 | |
| | 3 | 8.560 | |
| 0,75% | 1 | 7.399 | 9.271 |
| | 2 | 10.189 | |
| | 3 | 10.226 | |
| 1% | 1 | 12.161 | 10.019 |
| | 2 | 9.162 | |
| | 3 | 8.732 | |

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari tabel 2 diatas, didapat grafik hubungan variasi serat dengan kuat tekan beton.



Gambar 3 grafik hubungan variasi serat dan kuat tekan beton

Berdasarkan hasil penelitian yang dapat dilihat pada tabel 2, hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan kadar serat kawat bendrat sebesar 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut adalah 7,217 Mpa, 9,119 Mpa, 9,271 Mpa, dan 10,019 Mpa. Kuat tekan beton ringan normal tanpa serat 0% sebesar 7,217 Mpa dan kuat tekan maksimum tercapai pada beton ringan dengan kadar serat sebesar 1% yang menghasilkan kuat tekan 10,019 Mpa. Ditinjau dari hasil kuat tekan beton ringan normal tanpa serat 0% dan beton ringan tambahan serat 1%, peningkatan kuat tekan beton sebesar 38,825%. Pada grafik yang ditunjukkan dalam gambar 2, diperoleh persamaan $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247$ dengan nilai $R^2 = 0,394$, fungsi dari nilai R^2 adalah untuk mengetahui keakuratan data yang telah dianalisis (regres), keakuratan data yang diperoleh akan semakin bagus bila nilai R^2 mendekati 1. Dalam penelitian ini nilai R^2 yang diperoleh dari hasil analisis adalah 0,394, maka data yang dianalisis masih belum akurat. Belum akuratnya data pada penelitian ini dikarenakan besarnya nilai FAS yang digunakan, semakin besar nilai FAS hal ini akan berpengaruh pada *workability* dari beton, sehingga berpengaruh terhadap kuat tekan betonnya. Dari persamaan $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247$ maka didapatkan kuat tekan beton untuk tiap-tiap variasi sebagai berikut :

1. 0% ; $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247 = 7,247$ Mpa
2. 0,5% ; $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247 = 8,934$ Mpa
3. 0,75% ; $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247 = 9,516$ Mpa
4. 1% ; $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247 = 9,925$ Mpa

Jika dilihat dari hasil persamaan diatas, variasi serat kawat bendrat sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Semakin banyak kadar serat pada campuran beton maka kuat tekan beton semakin besar.

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian ini dilakukan pada 3 benda uji silinder beton untuk setiap variasi dengan diameter 15 cm × 30 cm. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 4.

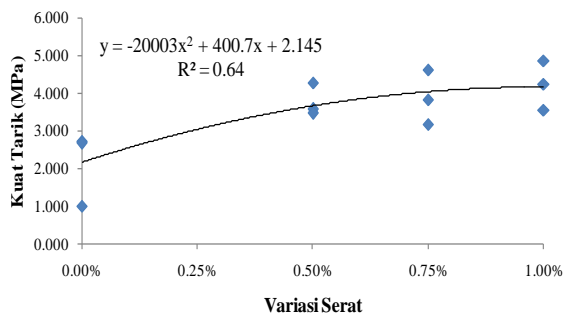
Tabel 3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

| Variasi Serat | Benda Uji | Kuat Tarik Belah (Mpa) | Rata-rata Kuat Tarik Belah (Mpa) |
|---------------|-----------|------------------------|----------------------------------|
| 0% | 1 | 2,708 | 2,125 |
| | 2 | 1,003 | |
| | 3 | 2,665 | |
| 0,5% | 1 | 3,567 | 3,767 |
| | 2 | 4,274 | |
| | 3 | 3,460 | |
| 0,75% | 1 | 4,619 | 3,869 |
| | 2 | 3,167 | |
| | 3 | 3,819 | |
| 1% | 1 | 4,234 | 4,211 |
| | 2 | 3,548 | |
| | 3 | 4,852 | |

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari tabel 3 diatas, didapat grafik hubungan variasi serat dengan kuat tarik belah beton.

Hubungan Variasi Serat dan Kuat Tarik Belah Beton



Gambar 4 garfik hubungan variasi serat dan kuat tarik belah beton

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 3, hasil pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari dengan kadar serat kawat bendrat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut sebagai berikut 2,125 Mpa, 3,767 Mpa, 3,869 Mpa, dan 4,211 Mpa. Nilai kuat tarik belah beton ringan normal tanpa serat 0% adalah sebesar 2,125 Mpa. Kekuatan tarik belah beton terus meningkat seiring dengan penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton, hasil ini dapat dilihat pada kadar serat kawat bendrat 1% yang memiliki nilai kuat tarik belah beton paling maksimum yaitu sebesar 4,211 Mpa. Perbedaan nilai kuat tarik belah beton ringan normal tanpa serat 0% dan beton ringan tambahan serat 1%, peningkatan kuat tarik belah beton sebesar 98,165%. Dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan serat kawat bendrat berdiameter 1 mm dan panjang 50 mm pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton.

Dari grafik pada gambar 4, diperoleh persamaan $y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145$ dengan $R^2 = 0,64$. Sehingga didapat kuat tarik belah beton untuk tiap-tiap variasi sebagai berikut :

- 0% ; $y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145 = 2,145$ Mpa
- 0,5% ; $y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145 = 3,648$ Mpa
- 0,75% ; $y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145 = 4,025$ Mpa
- 1% ; $y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145 = 4,152$ Mpa

Hasil dari persamaan diatas, diperoleh kuat tarik belah beton dengan tambahan serat kawat bendrat sebesar 4,152 Mpa pada kadar serat 1%. Kenaikan kuat tarik belah beton dikarenakan kadar serat yang ada pada campuran beton banyak, sehingga menghasilkan aksi komposit yang lebih baik.

Hasil Uji Nilai Slump

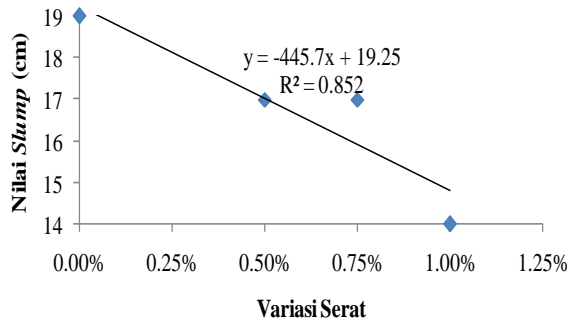
Dalam penelitian ini pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui *workability* pada campuran beton. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 5.

Tabel 4 Hasil Uji *Slump*

| Variasi serat | Nilai <i>Slump</i> (cm) |
|---------------|-------------------------|
| 0% | 19 |
| 0,5% | 17 |
| 0,75% | 17 |
| 1% | 14 |

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari hasil pengujian *slump* diatas didapat grafik hubungan variasi serat dan nilai *slump*.



Gambar 5 grafik hubungan variasi serat dan nilai *slump*

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 5.5 dan gambar 5.4 dapat dilihat perbandingan antara nilai *slump* beton ringan normal tanpa serat dan beton ringan dengan tambahan serat. Pada beton ringan normal tanpa serat 0% nilai *slump*nya lebih besar yaitu 19 cm dibandingkan dengan nilai *slump* beton ringan yang ditambahkan serat, beton ringan yang ditambah serat 0,5%, 0,75%, dan 1% memiliki nilai *slump* berturut-turut yaitu 17 cm, 17 cm, dan 14 cm. Dari ketiga beton ringan yang ditambah serat, nilai *slump* yang paling kecil berada pada kadar serat kawat bendrat 1% yaitu

sebesar 14 cm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kadar serat dalam campuran beton maka nilai *slump* yang didapat akan semakin kecil. Nilai *slump* yang kecil akan berpengaruh pada *workability* (kemudahan dikerjakan) beton.

Pengujian Berat Satuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan dari benda uji yang telah dibuat. Pada penelitian ini, pengujian berat satuan digunakan benda uji dengan diameter 15 cm × 30 cm. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Berat Satuan

| Variasi Serat | Benda Uji | Berat Satuan (kg/m ³) | Berat Satuan rata-rata (kg/m ³) |
|---------------|-----------|-----------------------------------|---|
| 0% | 1 | 1603,774 | 1591,195 |
| | 2 | 1603,774 | |
| | 3 | 1566,038 | |
| 0,5% | 1 | 1622,642 | 1597,484 |
| | 2 | 1528,302 | |
| | 3 | 1641,509 | |
| 0,75% | 1 | 1584,906 | 1616,352 |
| | 2 | 1641,509 | |
| | 3 | 1622,642 | |
| 1% | 1 | 1622,642 | 1616,352 |
| | 2 | 1679,245 | |
| | 3 | 1547,170 | |

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan tabel 5, hasil berat satuan rata-rata beton ringan dengan kadar serat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut sebesar 1591,195 kg/m³, 1597,484 kg/m³, 1616,352 kg/m³, dan 1616,352 kg/m³. Dari hasil yang didapatkan berat satuan beton kurang dari 1800 kg/m³, ini sesuai syarat beton disebut sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m³ (Tjokrodinuljo, 2007). Sehingga hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa beton yang dibuat termasuk beton ringan. Jadi penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton tidak berpengaruh besar

terhadap berat satuan dari beton ringan tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil kuat tekan beton menggunakan agregat kasar batu apung dengan tambahan kadar serat kawat bendrat 50 mm 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% pada umur 28 hari berturut-turut sebesar 7,247 Mpa; 8,934 Mpa; 9,516 Mpa; dan 9,925 Mpa. Untuk hasil kuat tarik belah beton dengan kadar serat yang sama diperoleh hasil berturut-turut sebesar 2,145 Mpa; 3,648 Mpa; 4,025 Mpa; dan 4,152 Mpa.
2. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang paling maksimum berada pada kadar serat kawat bendrat 1% dengan nilai kuat tekan 9,925 Mpa dan nilai kuat tarik belah beton 4,152 Mpa.
3. Hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada umur 28 hari yaitu untuk beton ringan normal tanpa serat 0% kuat tekannya sebesar 7,217 Mpa dan kuat tarik belahnya sebesar 2,125 Mpa, sedangkan beton ringan dengan tambah serat 1% kuat tekannya sebesar 10,019 Mpa dan kuat tarik belahnya sebesar 4,211 Mpa. Perbedaan peningkatan antara beton dengan tambah serat kawat bendrat dan tanpa kawat bendrat sebesar 38,825% untuk kuat tekan dan 98,165% untuk kuat tarik belah beton.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, penulis dapat memberikan saran-saran yang diharapkan dapat berguna pada penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya mengenai beton ringan berserat diharapkan dapat memperhatikan FAS (Faktor Air Semen), kadar penggunaan serat dalam campuran beton, dan jenis serat yang digunakan.

2. Perlu ada penelitian selanjutnya untuk beton ringan dengan serat kawat bendrat ini, untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik dengan variasi yang berbeda dan ukuran kawat bendrat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni dan Nugraha., 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : ANDI
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002. SK SNI T-03-3449-2002 : *Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan*.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002. SNI 03-2834-2002 : *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- Gunawan, Prayitno, Cahyadi, 2013. *Pengaruh penambahan serat galvalum AZ 150 pada beton ringan dengan teknologi foam terhadap modulus elastisitas, kuat tarik dan kuat tekan*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Gunawan, Prayitno, Romdhoni, 2014. *pengaruh penambahan serat nylon pada beton ringan dengan teknologi foam terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : ANDI.
- Nikmah, 2015. *Pengaruh penambahan serat seng pada beton ringan dengan teknologi gas terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Purwanto, 2011. *Pengaruh presentase penambahan serat terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan*. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- Tjokrodimuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Biro Penerbit KMTS FT UGM.