

PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI DAN CARBON NANOTUBE SEBAGAI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER

Putri Rochmatullaili

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: putrirochmatullaili@mhs.unesa.ac.id

Yogie Risdianto

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: yogierisdianto@unesa.ac.id

ABSTRAK

Dalam hal konstruksi inovasi dibutuhkan untuk membuat bangunan menjadi lebih aman, mempersingkat waktu pembangunan dan khususnya biaya lebih rendah. Beton ringan dapat menjadi bahan material alternative dengan biaya lebih rendah. Abu sekam padi merupakan limbah dari hasil pembakaran batubara yang mengandung silika cukup tinggi. Carbon Nanotube adalah salah satu jenis dari karbon yang memiliki struktur rongga dan sifat transfer yang baik. Dengan penambahan kedua bahan tersebut dapat membuat beton ringan menjadi kuat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan, resapan air, berat volume beton ringan dan penggunaan carbon nanotube secara optimal dalam beton ringan seluler.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif yang dilakukan di laboratorium. Berdasarkan penelitian yang sudah ada penambahan abu sekam padi sebesar 10%. Dalam penambahan carbon nanotube memiliki beberapa variasi penambahan sebesar 0%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.1%, dan 0.12% terhadap benda uji yang dibuat. Pengumpulan data diambil dengan cara membuat benda uji berbentuk kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ dengan umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil penelitian ini dalam penambahan abu sekam padi dan carbon nanotube (CNT) tersebut dihasilkan kuat tekan beton ringan tertinggi pada variasi 1.2% sebesar 2.64 Mpa dengan berat volume sebesar 2.13 gr/cm^3 , sedangkan pada variasi 0.0% diperoleh kuat tekan 0.98 Mpa dengan berat volume sebesar 0.76 gr/cm^3 , dengan benda uji di umur 28 hari.

Kata Kunci: Beton Ringan Seluler, Abu Sekam Padi, Carbon Nanotube

ABSTRAK

In construction, innovation is needed to make building safer, shorten time to build and especially lower-cost. Lightweight concrete could become an alternative lower-cost construction material. Rice Husk Ash is the residual waste from the combustion of bricks that contains a quite high silica. Carbon nanotubes are one of the carbon structures that have a hollow structure and good charge transfer properties. By adding these two ingredients could make the lightweight concrete stronger. This research was conducted to determine the compressive strength, water absorption, volume weight of lightweight concrete and optimal use of carbon nanotubes in cellular lightweight concrete.

This study uses quantitative research methods whose experiments are carried out in a laboratory. Based on previous research, the addition of Rice Husk Ash to lightweight concrete is 10%. The addition of Carbon Nanotubes has several variations, namely 0%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.1%, and 0.12% on the test object. Data collection was taken by making test objects in the form of a $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ cube with ages of 3, 7, 14, 21, and 28 days. The results of this study obtained in the highest compressive strength of lightweight concrete at a variation of 0.12% CNT of 2.64 Mpa with a volume weight of 2.13 gr/cm^3 , while at a variation of 0% CNT a compressive strength of 0.98 Mpa was obtained with a volume weight of 0.76 gr/cm^3 , using the test object at the age of 28 days.

Keywords: Cellular Lightweight Concrete, Rice Husk Ash, Carbon Nanotube

PENDAHULUAN

Perkembangan inovasi konstruksi saat ini semakin maju salah satunya beton ringan. Inovasi ini dilaksanakan dengan harapan beton ringan dapat memperbaiki kelemahan beton normal berupa biaya yang lebih murah karena kecepatan dalam pengerjaan, ketahanan terhadap suhu, densitas yang lebih ringan, dan pengerjaan yang lebih mudah.

Penggunaan abu sekam padi mempengaruhi sifat mekanik beton busa ringan yang berpengaruh ke kadar abu sekam padi sebesar 20% dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton ringan yang dihasilkan dalam penelitian ini semuanya sesuai dengan *mix design* yaitu mempunyai kekuatan 1.4 Mpa. Jenis yang diperoleh rata-rata sebesar 700 kg/m^3 , sehingga memenuhi persyaratan sebagai beton ringan (Triastuti dan Ananto Nugroho, 2017).

Komposisi beton ringan seluler berupa semen *portland*, silika semen, semen pozzolan, pozzolan-kapur atau kapur silika pasta atau campuran pasta yang berasal dari bahan-bahan tersebut dan juga memiliki rongga udara yang terperangkap menyerupai struktur sel yang berasal dari pembentuk gelembung udara atau *foam agent* (ASTM C796-97).

Beton ringan memiliki tujuan penggunaan untuk pengurang beban beton sendiri yang menjadi beban mati, yang selanjutnya akan mengurangi dimensi elemen kolom, elemen pemikul beban gravitasi dan pondasi, tetapi pada prinsipnya beton ringan digunakan untuk memenuhi kekuatan yang sama dengan beton normal (Bayuaji dan Biyanto, 2009).

ASTM C869M menjelaskan ciri-ciri fisik beton ringan seluler :

1. Memiliki kuat tekan 1,4 MPa, beton ringan ini dibuat sesuai dengan tes metode ASTM C796.
2. Memiliki kuat tarik 0,17 MPa untuk membuat beton ringan sesuai dengan tes metode ASTM C796
3. Penyerapan air 25% volume maksimal

Abu Sekam padi

Sekam padi merupakan limbah dari penggilingan padi yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Abu sekam padi memiliki kandungan silika

yang cukup besar nilainya yaitu sebesar 93% hampir sama dengan *microsilica* buatan pabrik (Swamy, 1986).

Abu sekam padi telah digunakan sebagai bahan *pozzolan* reaktif yang sangat tinggi untuk meningkatkan mikrostruktur pada daerah transisi interfase antara pasta semen dan agregat beton yang memiliki kekuatan tinggi. Penggunaan abu sekam padi pada komposit semen dapat memberikan beberapa keuntungan seperti meningkatkan kekuatan dan ketahanan, mengurangi biaya bahan, mengurangi dampak lingkungan limbah bahan, dan mengurangi emisi karbon dioksida (Bui et al., 2005).

Abu sekam memiliki unsur yang bermanfaat untuk meningkatkan mutu beton, mengandung silika yang sangat menonjol, bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi (Ika Bali, Agus Prakoso, 2002 : hal 76).

Di sisi lain abu sekam padi merupakan material yang bersifat *pozzolanik* dalam arti kandungan material terbesarnya adalah silika dan baik untuk digunakan dalam campuran *pozzolan*-kapur yaitu mengikat kapur bebas yang timbul pada waktu hidrasi semen. *Silikon* dapat bereaksi dengan kapur membentuk *kalsium silika hidrat* sehingga menghasilkan komposisi sebagai berikut :

Komposisi	Persentase (%)
<i>Silicon dionxide</i> (SiO ₂)	85,73
<i>Alumunium oxide</i> (Al ₂ O ₃)	2,29
<i>Ferric oxide</i> (Fe ₂ O ₃)	0,82
<i>Calcium oxide</i> (CaO)	1,12
<i>Magnesium oxide</i> (MgO)	0,40
Hilang pijar	7,18

(Sumber : Biro jaminan kualitas dan pengembangan produk PT. Semen Padang)

Tabel 1. komposisi kimia abu sekam padi lolos saringan no. 200.

Carbon Nanotube

Carbon Nanotube (CNT) adalah salah satu jenis dari karbon nanostruktur. Karbon nanostruktur telah menarik perhatian dunia (Iijima, 1991; Kumar dkk., 2016).

Bentuk strukturnya berukuran nano dan terdiri dari atom-atom karbon. Karbon mempunyai bentuk alotrop dari 0-D sampai 3-D, sehingga berdasarkan strukturnya

karbon nanostruktur terdiri dari karbon nanostruktur 0-D yaitu fullerenes, karbon nanostruktur 1-D yaitu carbon nanotube (CNT), karbon nanostruktur 2-D yaitu graphenedan karbon nanostruktur 3-D yaitu grafit.

Kuat Tekan Beton Mortar Berdasarkan ASTM C109 M-07

Standar untuk kuat tekan didapat menurut ASTM C109 M-07 untuk mengetes kuat tekan beton mortar dengan benda uji kubus 5x5x5 cm³. Pembuatan benda uji untuk kubus 5x5x5 cm³ ini dilakukan dengan cara adonan yang dicampurkan ke dalam *mixer* sesuai ASTM C305 dengan batas pengadukan rentang waktu 2 min 3 detik.

Perhitungan kuat tekannya dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$f_m = \frac{P}{A}$$

(Sumber: ASTM C109 M-07, 2008)

Catatan: f_m = Kuat Tekan (*psi* atau MPa)

P = Total Maksimum Beban (*lbf* atau N)

A = Luas Bidang Tekan (in^2 atau mm^2)

METODE

Metode yang digunakan berupa metode kuantitatif, dengan melakukan eksperimen di laboratorium. Dengan mengamati dalam proses percobaan dapat mengetahui cara-cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai hasil uji yang maksimal.

Penelitian ini dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data melalui pengamatan pada setiap percobaan. Data penelitian berupa data kuantitatif yang selanjutnya diolah agar mendapatkan hasil. Penelitian eksperimental ini terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan. Tahapan-tahapan ini dilakukan untuk mencapai sasaran penelitian dan mendapatkan data yang benar-benar valid.

Penelitian ini menambahkan abu sekam padi dan carbon nanotube dalam campuran beton ringan seluler yang mempunyai tujuan untuk mengetahui bentuk dan kuat tekan beton ringan seluler. Persentase abu sekam yaitu sebesar 10% dan carbon nanotube sebesar 0%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 1%, dan 1.2%. Penelitian ini

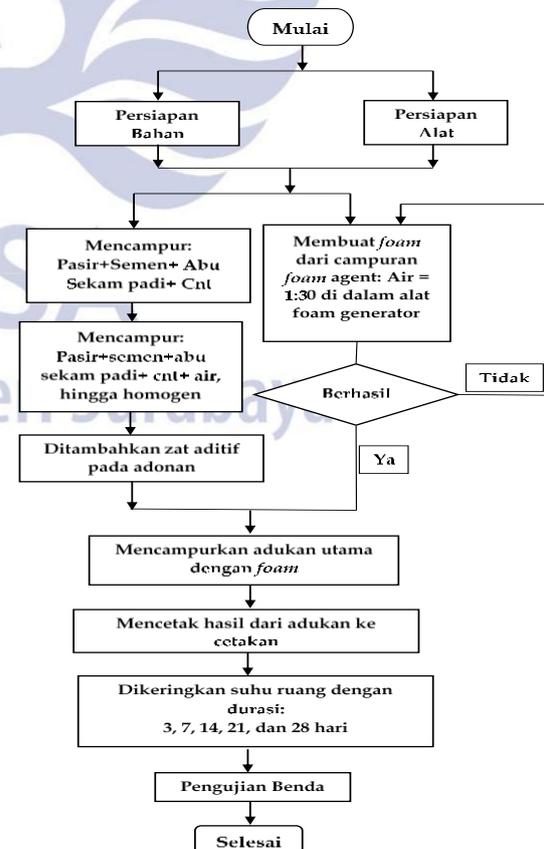
dilakukan untuk mengetahui kuat tekan, sifat mekanik, sifat fisik dan persentase optimum penambahan abu sekam padi pada beton ringan seluler. Pengumpulan data diambil dengan cara membuat benda uji berbentuk kubus 5x5x5 cm³ dengan umur 3hari, 7hari, 14hari, 21hari, dan 28 hari.

Sampel merupakan data primer yang digunakan untuk menganalisis data. *Mix desain* yang digunakan untuk benda uji kubus ukuran 5x5x5 cm³ penjelasan secara detail pada tabel 2 berikut ini

Kode	Semen	CNT	Abu Sekam Padi	Agregat Halus (Pasir)	Foam	Foam Agent : Air	zat adiktif
	g	g	g	G	g		
BR0%	1171.88	0.00	130.21	2604.17	3906.25	1:30	4.39
BR 0.04%	1171.88	5.21	130.21	2604.17	3906.25	1:30	4.39
BR 0.06%	1171.88	7.81	130.21	2604.17	3906.25	1:30	4.39
BR 0.08%	1171.88	10.42	130.21	2604.17	3906.25	1:30	4.39
BR 0.1%	1171.88	13.02	130.21	2604.17	3906.25	1:30	4.39
BR 0.12%	1171.88	15.63	130.21	2604.17	3906.25	1:30	4.39
TOTAL	7031.25	52.08	781.25	15625.00	23437.50		

Tabel 2. Mix Desain

Pembuatan Benda Uji



Gambar 1. Pembuatan Benda Uji

Alat dan Bahan

1. Alat

Alat merupakan bagian penunjang pelaksanaan pembuatan benda uji. Peralatan yang lengkap dalam proses pembuatan benda uji akan menghasilkan benda uji yang baik dan mudah. Peralatan yang perlu dipersiapkan berupa Gelas ukur 2000 ml, neraca digital, ayakan pasir ukuran nomor 30, cetakan kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$, ember plastik, *mixer*, kompresor, penggaris besi, alat perojok, *foam Generator* dan selang.

2. Bahan

a. Portland Cement

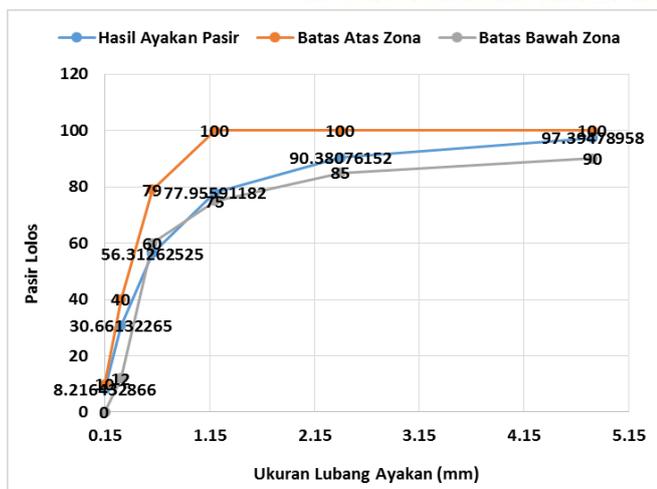
Semen yang digunakan merupakan semen tipe PPC (*Pozzolan Portland Cement*) dengan berat jenis 3.03 gr/cm^3 .

b. Pasir

Pasir yang digunakan merupakan jenis pasir pasuruan dengan lolos ayakan no. 30. Hasil pengujian pasir dapat diketahui melalui tabel 3 berikut ini.

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	2.63 g/cm^3
2	Kadar Lumpur	3.85 %
3	Analisa Ayakan	Zona 3/agak halus

Tabel 3. Hasil pengujian pasir



Grafik 1. Gradasi pasir

Pemilihan gradasi pasir ini termasuk dalam zona 3 dikarenakan memiliki gradasi butiran lebih halus dibandingkan zona 1 dan zona 2 sehingga berat jenis lebih ringan dibandingkan dengan zona 1 dan zona 2 maka ketika dilakukan pencampuran *foam* dengan pasir dapat menghasilkan adonan beton yang menyatu, dan pasir dapat melayang dan menempel pada *foam*.

c. Foam

Foam memiliki berat jenis 0.04 g/cm^3 dengan pemakaian *foam* didalam air dengan menggunakan perbandingan 1:30 (1 liter *Foam Agent* : 40 liter Air).



Gambar 2. Foam agent



Gambar 3. Tabung foam



Gambar 4. Foam Generator



Gambar 5. Hasil Foam

Pembuatan foam dengan cara mencampurkan air dengan foam agent sesuai perbandingan. Setelah itu menggunakan alat yaitu foam generator untuk mendapatkan foam yang kadar airnya rendah, karena kadar air pada foam mempengaruhi hasil benda uji.

d. Zat Aditif

Zat aditif adalah salah satu larutan yang digunakan untuk membantu mempercepat pengerasan beton. Zat aditif ini sengaja dicampurkan bertujuan untuk merubah sifat dan karakteristik beton ringan yang diinginkan.

e. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi mempunyai komposisi yang dapat meningkatkan mutu beton, yaitu kandungan silika yang sangat menonjol, bila dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi.

Di sisi lain produksi abu sekam yang melimpah dan mudah untuk didapatkan, karena mayoritas penduduk Indonesia menggunakan beras sebagai bahan makanan pokok. Dalam proses penggilingan padi akan menghasilkan sekam yang dapat diproses menjadi abu sekam.

f. Carbon Nanotube

Carbon Nanotube merupakan susunan atom yang bergabung dan berikatan satu sama lain. Memiliki diameter 0,4-2,5 nanometer dengan panjangnya dapat lebih dari 10 milimeter. Dengan dimensi yang kecil carbon nanotube sehingga sangat fleksibel, membuat carbon nanotube berpotensi pada pengaplikasian di berbagai bidang.

Terdapat dua jenis CNT jika dibedakan berdasarkan jumlah dindingnya, yaitu single wall carbon nanotubes dan multi wall carbon nanotubes.

Dalam pengaplikasiannya carbon nanotube dilarutkan oleh air terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan.

Pengujian yang dilakukan

1. Pengujian Fisik

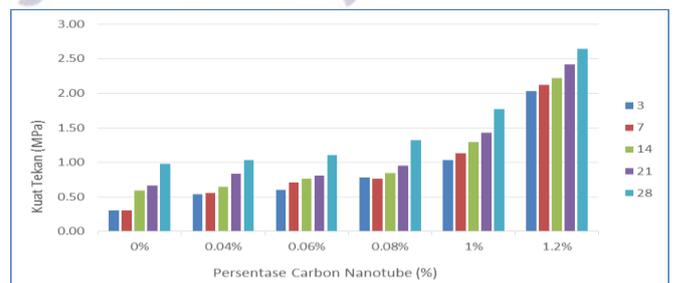
Pengujian kuat tekan berupa benda uji berbentuk kubus ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$, sesuai dengan ASTM C109. Umur pengujian digunakan 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari dengan masing-masing pengujian diperlukan 3 buah benda uji. Variasi yang dipakai 6 variasi dengan penambahan carbon nanotube sebesar 0%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 1%, dan 1,2%.

2. Pengujian Mekanik

Hasil pengujian mekanik menghasilkan data pengujian kuat tekan dan resapan air. Untuk mencapai penggunaan penambahan abu sekam yang optimal dalam campuran beton di dapatkan menaikkan kuat tekan dan penurunan resapan air.

a. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dengan menggunakan alat *Hydraulic Jack*. Tabel 4 menyajikan data untuk kuat tekan dengan penambahan abu sekam padi 10%, dan carbon nanotube 0%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 1%, dan 1,2%.



Grafik 2. Kuat Tekan Rata-Rata

Nilai kuat tekan tertinggi pada 2.64 MPa pada umur 28 hari untuk variasi abu sekam padi 0.10% dan CNT 1.2%, sedangkan tanpa CNT pada umur 28 hari dihasilkan 0.98 MPa. Hal ini memberikan kesimpulan bahwa

penambahan variasi CNT sebesar 1.2%, merupakan variasi penambahan Carbon Nanotube (CNT) paling optimum.

Menurut ASTM C869 beton ringan seluler harus memiliki nilai kuat tekan lebih besar dari 1.4 Mpa, sehingga dapat dinyatakan belum memenuhi syarat. Sesuai hasil perhitungan kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan CNT sebesar 1.2% belum dapat memenuhi syarat kuat tekan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Abu Sekam Padi dan Carbon Nanotube (CNT) Terhadap Sifat Fisik

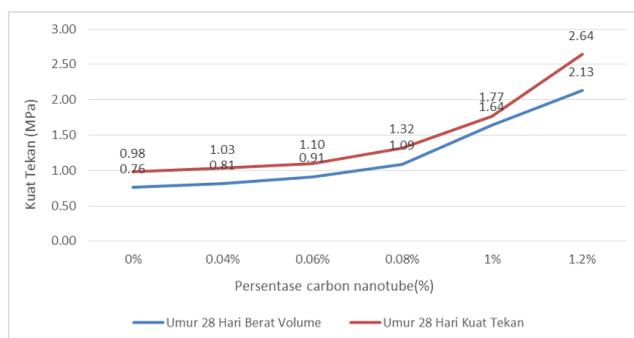
Penggunaan abu sekam padi dan carbon nanotube menyebabkan bertambahnya keuletan panel dan permukaan menjadi lebih halus. Pada penambahan abu sekam padi terhadap beton ringan menyebabkan penurunan berat volume beton yang dikarenakan semen dikurangi dan diganti dengan adanya abu sekam padi.

Penggunaan carbon nanotube sendiri menyebabkan lebih mengikat dan tidak rapuh.

2. Pengaruh Abu Sekam Padi dan Carbon Nanotube Terhadap Sifat Mekanik

Pengaruh terhadap sifat mekanik mengenai pengaruh kuat tekan, dan resapan air terhadap penambahan variasi abu sekam padi.

a. Pengaruh Terhadap Kuat Tekan

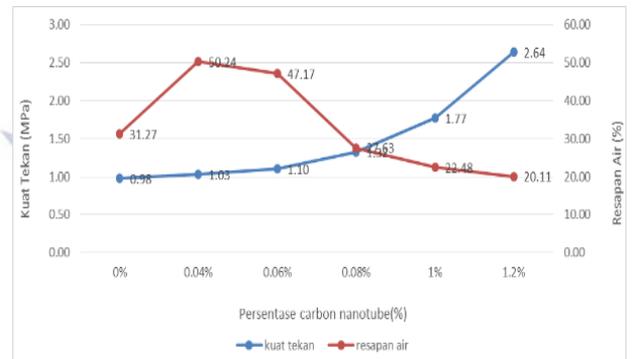


Grafik 3. Berat Volume vs Kuat Tekan

Dari grafik diatas menjelaskan hasil hubungan berat volume dan kuat tekan tertinggi pada penambahan variasi 1.2% yaitu 2.13 g/cm³ dengan nilai kuat tekan 2.64 MPa, dapat dinyatakan bahwa telah memenuhi

ketentuan sasaran penelitian dan untuk kuat tekan juga memenuhi syarat yaitu diatas 1.4 MPa sesuai dengan peraturan ASTM C869

b. Hubungan Kuat Tekan vs Resapan Air



Grafik 4. Kuat Tekan vs Resapan Air

Dari grafik diatas didapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada variasi 1.2% penambahan carbon nanotube yaitu 2.64 MPa pada umur 28 hari dengan resapan air tertinggi yaitu 20.11%. Hasil yang didapat kurang dari ketentuan syarat yaitu 25% resapan air dari ASTM C869.

Kuat tekan pada variasi penambahan 1.2% CNT adalah persentase optimal penggunaan carbon nanotube untuk kuat tekan, ketika kuat tekan tersebut tinggi maka, resapan air akan tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa kuat tekan akan mempengaruhi nilai resapan air.

SIMPULAN

Hasil penelitian mendapatkan simpulan sebagai berikut.

1. Penambahan abu sekam padi pada campuran pembuatan beton ringan menghasilkan sifat fisik berupa warna yaitu abu-abu yang berasal dari penggunaan semen dan abu sekam padi yang digunakan, dengan ditambahnya carbon nanotube warna menjadi lebih gelap karna berasal dari serbuk carbon nanotube, kemudian bentuk permukaan dari benda uji tersebut yang rata-rata memiliki pori-pori akibat dari penggunaan *foam*. Berat volume pada penambahan 1.2% carbon nanotube terjadi berat volume yang lebih besar, tetapi untuk penambahan dibawah 1.2% carbon nanotube terjadi penurunan berat volume beton ringan dikarenakan berat volume yang dipakai benda uji kecil.

2. Pengaruh sifat mekaniknya berupa kuat tekan yang lebih besar untuk penambahan 1.2% carbon nanotube dibandingkan dengan tanpa carbon nanotube (0.0%). Dengan hasil yang 2.64 MPa untuk 1.2% carbon nanotube dan 0.98 MPa untuk 0.00% carbon nanotube pada umur 28 hari. Persentase optimal penggunaan carbon nanotube didapatkan pada 0.10% abu sekam padi dan 1.2% carbon nanotube terhadap berat total benda uji, ketika penambahan kurang dari 1.2% maka akan terjadi penurunan kuat tekan dan berat volume. Dikarenakan komposisi yang terdapat pada beton ringan tidak seimbang.

SARAN

1. Perlu diperhatikan kembali perbandingan dalam penggunaan *foam agent* dan air, kemudian diperhatikan juga dalam proses pembuatan *foam* sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Perlu diperhatikan kembali dalam penggunaan *faktor air semen (fas)* karena dapat mempengaruhi hasil dari benda uji tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Akeke, Gedwin A, Akobo, Ephraim, Maurice E, I.Z.S and Ukpata, Joseph O. 2013. "Structural Properties Of Rice Hush Ash Concrete". Cross River University of Technology, Calabar, Nigeria.
- ASTM C109/C109M. 2008. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 50mm) Cube Specimens*, Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02.2008. ASTM 2008: Philadelphia.
- ASTM C796-97. 1998. *Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam*, Annual Book of ASTM Standard Vo04.02.1998. ASTM, 1998: Philadelphia.
- ASTM C869/C869M-11, *Standard Specification for Foaming Agent Used in Making Preformed Foam for Cellular Concrete*, Annual Book of ASTM Standard. Pennsylvania: ASTM, 2011.
- Jonnalagadda, Jayaseela, Jonnalagadda, Jayavani dan Sarikonda, Venkata Sivaraju. 2020. "Triple Blending Of Concrete By Partial Replacement Of Cement With Perlite And Rice Hush Ash". Narasaraopet Institute of Technology and P.N.C & Vijal Institute of Engineering and Technology, Phirangipuram.
- Rijal, Khaerul dan Sukandi. 2018. "Analisis Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan". Universitas Tenggara Barat.
- Samsudin dan Hartantyo, Sugeng Dwi. 2017. "Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton". Universitas Negeri Lamongan.
- Triastuti dan Nugroho, Ananto. 2017. "Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan". Jurnal Teknik Sipil ITB.