

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SABUT KELAPA PADA PEMBUATAN BETON RINGAN *CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE*

Muhammad Marfranklin

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: mmarfranklin@yahoo.com

Yogie Risdianto

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: risdi75@yahoo.com

ABSTRAK

Di era globalisasi, pertumbuhan sumber daya manusia yang semakin tinggi meningkatkan kebutuhan di bidang pembangunan dan hal ini menimbulkan kebutuhan akan material untuk pembangunan tersebut salah satunya adalah penggunaan beton. Penggunaan beton sangat diminati karena keunggulannya yaitu kuat akan gaya tekan, ketersediaan material dasar, dan tahan akan cuaca, namun beton juga memiliki kelemahan yaitu berat sendiri beton yang menambah beban berat pada gedung, dan lemah akan gaya tarik.

Penelitian ini dilakukan penambahan serat sabut kelapa dengan tujuan untuk solusi kelemahan beton ringan terhadap tarik serta membuat beton ringan lebih padat dikarenakan pori-pori beton ringan terisi oleh serat sabut kelapa sehingga kuat tekan dan kuat tariknya meningkat serta mengurangi resapan airnya. Penambahan serat ini memiliki variasi penambahan sebesar 0%, 0.1%, 0.3%, 0.5% dan 0.7% terhadap volume benda uji.

Hasil penelitian dari penambahan variasi tersebut diperoleh bahwa kuat tekan beton tertinggi pada variasi 0.3% sebesar 5.06 MPa dengan berat volume 0.99 gr/cm³ dan resapan air 24.31%, sedangkan variasi tanpa serat atau 0% diperoleh sebesar 4.19 MPa dengan berat volume 1.05 gr/cm³ dan resapan air 23.07% pada umur 28 hari. Kuat lentur tertinggi diperoleh pada variasi 0.3% sebesar 0.92 MPa dengan berat volume 0.828 gr/cm³ pada umur 28 hari.

Kata Kunci: Beton Ringan, Serat Sabut Kelapa.

ABSTRACT

In this globalization era, the growing of human resources leads the needs of development and its material, one of them is concrete. The use of concrete is very desirable because of its advantages, it has strong compressive force, availability of basic materials, and weather resistance, but concrete also has disadvantages, its weight adds heavy loads to the building, and weak of pulling force.

This research was carried out with the addition of coconut fiber with the aim of solution to the weakness of lightweight concrete to tensile strength and to make lightweight concrete denser because the pores of lightweight concrete were filled with coconut fiber so that the compressive strength and tensile strength increased it can reduce water absorption. The variation of fiber addition were 0%, 0.1%, 0.3%, 0.5% and 0.7% with respect to the volume of test object.

The result of addition of the variation showed that the highest concrete compressive strength in the variation of 0.3% by 5.06 MPa with a volume weight of 0.99 gr/cm³ and water absorption of 24.31%, while the variation without fiber or 0% was obtained at 4.19 MPa with volume weight 1.05 gr/cm³ and 23.07% water absorption at the age of 28 days. The highest flexural strength was obtained the highest at 0.3% variation of 0.92 MPa with a volume weight of 0.828 gr/cm³ at the age of 28 days.

Keywords: Lightweight concrete, Coconut Fiber.

PENDAHULUAN

Di era globalisasi, pertumbuhan sumber daya manusia yang semakin tinggi meningkatkan kebutuhan di bidang pembangunan dan hal ini menimbulkan kebutuhan akan material untuk pembangunan tersebut salah satunya adalah penggunaan beton. Penggunaan beton sangat diminati karena keunggulannya yaitu kuat akan gaya tekan, ketersediaan material dasar, dan tahan akan cuaca, namun beton juga memiliki kelemahan yaitu

berat sendiri beton yang menambah beban berat pada gedung, dan lemah akan gaya tarik

Pemakaian beton ringan pada bagian non-struktural pada gedung akan mengurangi dampak akan beban yang diterima oleh bangunan sehingga bangunan akan cukup aman pada saat terkena gempa. Beton ringan juga lemah akan gaya tarik seperti beton normal, untuk mengatasi lemahnya beton akan gaya tarik maka bisa disiasati dengan penggunaan serat fiber di dalamnya. Serat fiber yang akan digunakan ialah serat sabut kelapa.

Serat sabut kelapa dipergunakan atas beberapa pertimbangan yaitu bahan yang mudah dicari dan penggunaan yang belum optimum.

Beton ringan merupakan beton yang memiliki berat volume lebih ringan daripada beton pada umumnya. Beton konvensional/umum mempunyai berat volume 2400 kg/m³ berdasarkan SNI disebutkan beton ringan mempunyai berat volume mulai 1400-1850 kg/m³. Beton ringan pada umumnya memiliki campuran yang sama dengan beton normal, namun agregat kasar pada beton ringan perlu dikurangi berat jenisnya sesuai dengan kelas kuat tekannya.

Beton ringan terdiri atas 2 jenis yaitu beton ringan AAC (*Autoclaved Aerated Cellular*) dan beton ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*). Beton ringan AAC cenderung diproduksi pada pabrik dikarenakan membutuhkan pabrikasi dan peralatan yang canggih serta modal yang besar, sedangkan beton ringan CLC sendiri banyak diproduksi oleh industri rumahan, dikarenakan alat dan bahan yang dibutuhkan cukup sederhana. Beton ringan AAC lebih diminati dibandingkan beton ringan CLC dikarenakan beton ringan AAC memiliki standart mutu yang terjamin dan bentuk fisik yang lebih menarik.

METODE PENELITIAN

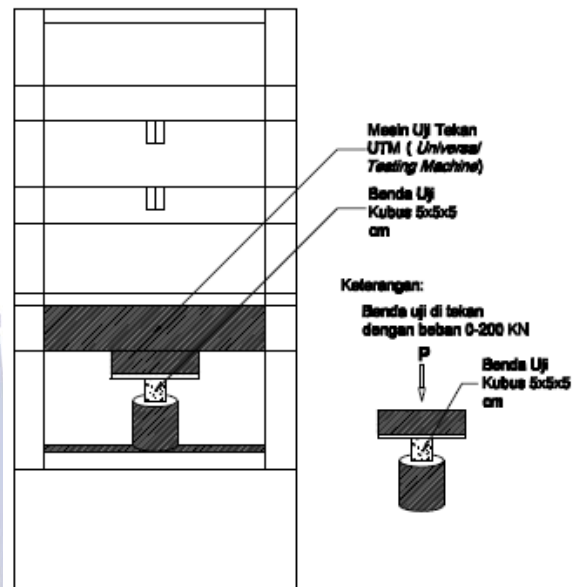
Metode penelitian yang digunakan merupakan hasil penelitian kuantitatif, dengan menggunakan metode desain empiris eksperimen. Empiris artinya cara-cara yang digunakan dalam penelitian itu teramati oleh indera manusia, sehingga orang lain dapat mengamati dan mengetahui cara-cara yang akan digunakan. (Sugiyono, 2015;1).

Rancangan penelitian ini diawali dengan mencari literatur buku dan sumber-sumber lain yang menyangkut tentang penelitian. Penelitian ini melakukan pembuatan beton ringan CLC dengan menggunakan serat sabut kelapa, *catalyst*, *monomer* dan kapur. Serat sabut kelapa sendiri digunakan sebagai serat fiber alami yang bertujuan untuk mengurangi susut dan meningkatkan kuat tarik beton ringan. Persentase serat sabut kelapa yang akan di tambahkan dalam penelitian adalah 0%, 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% dari berat volume beton ringan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik, sifat fisik, dan persentase optimum beton ringan CLC.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pembuatan benda uji ukuran 5x5x5 cm³ untuk tes kuat tekan dan 16x4x4 cm³ untuk tes kuat tarik yang akan di uji pada hari ke 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Komposisi campuran yang di gunakan dalam penelitian adalah 5 mix desain.

Pengujian Kuat Tekan

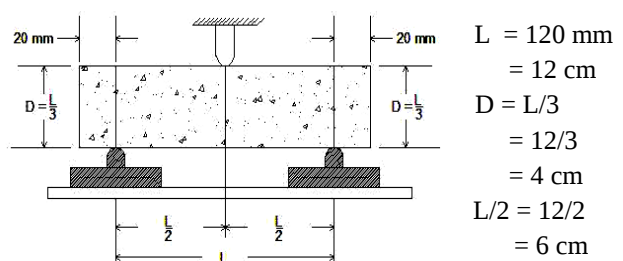
Aturan yang digunakan pada pengujian ini adalah ASTM C109 (*Standart Test Method for Compressive Strength of Hydraulic*) dijelaskan bahwa nilai kuat tekan beton ringan harus lebih besar dari 1.4 Mpa.



Gambar 3.36 Setting up Pengujian Tekan
Berdasarkan ASTM C109/C109 M

Pengujian Kuat Lentur

Proses pengujian menggunakan metode *center point loading* sesuai standar ASTM C293. Benda uji ditekan dengan alat hidrolik sampai mengalami keruntuhan atau mencapai kuat lentur maksimal. Acuan hasil pengujian ini memakai ASTM C869 dijelaskan bahwa nilai kuat lentur minimal untuk beton ringan seluler adalah 0,17 Mpa atau 25 psi.



Gambar 3.39 Setting up Pengujian Lentur
Berdasarkan ASTM C293

HASIL DAN PEMBAHASAN

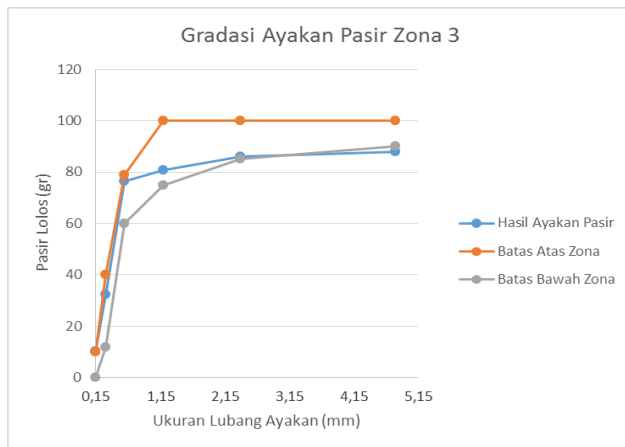
Hasil Pengujian Material

Material penyusun beton ringan terdiri atas Semen Portland, Pasir, Air, dan *foam agent*, serta material tambahannya yaitu Kapur, Monomer, Catalyst, dan Serat Sabut Kelapa

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Pasir.

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	1587 kg/m ³
2	Kadar Lumpur	4,2 %
3	Analisa Ayakan	Zona 3/ agak halus

Sumber: Hasil Pengujian

**Gambar 4.1** Gradasi Pasir Zona 3

Gambar 4.1 hasil perhitungan pasir menunjukkan gradasi pasir masuk dalam zona 3. Pasir dengan gradasi zona 3 dipakai karena gradasi pasir yang didapat lebih halus dan berat jenisnya lebih ringan dibandingkan zona 1 maupun zona 2, sehingga proses pencampuran beton lebih merata sekaligus meminimalisir terjadinya segregasi. Pasir zona 4 tidak dipakai karena kadar lumpur pada pasir terlalu banyak sehingga tidak memenuhi persyaratan minimal kandungan lumpur pada pasir.

Hasil Pengujian Fisik

Pengujian fisik meliputi pengujian warna, pengujian bentuk, dan pengujian berat volume dengan panel berukuran 25x40x3 cm³ sebagai produk jadi. Variasi serat sabut kelapa yang digunakan untuk panel adalah persentase kontrol yaitu 0% serat sabut kelapa dan persentase dengan kuat tekan dan kuat lentur tertinggi yaitu 0.3% serat sabut kelapa.

Tabel 4.2 Sifat Fisik Beton Ringan Seluler

No	Kriteria	Hasil Pengujian
1	Warna	
	0% Serat Sabut Kelapa	Abu-abu keputihan
	0.3% Serat Sabut Kelapa	Abu-abu keputihan
2	Bentuk	
	0% Serat Sabut Kelapa	Lebih berpori
	0.3% Serat Sabut Kelapa	Pori berkurang

3	Berat Volume	
	0% Serat Sabut Kelapa	Lebih berat
	0.3% Serat Sabut Kelapa	Lebih ringan

Hasil Pengujian Mekanik

Pengujian mekanik digunakan 3 hasil pengujian yaitu kuat tekan, kuat lentur dan resapan air. Dari 3 hasil pengujian tersebut akan dijadikan pedoman kadar optimum serat sabut kelapa yang dipergunakan pada panel. Pengujian akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Kuat Tekan

Pengujian ini menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) merk *Junan TE Corporation* yang ada di *Laboratorium* Universitas Negeri Surabaya. Hasil yang didapat merupakan hasil benda uji kubus dengan ukuran 5x5x5 cm³ pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari dengan variasi penambahan serat sabut kelapa yang digunakan 0%, 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7%.

Aturan yang digunakan pada pengujian ini adalah ASTM C109 (*Standart Test Method for Compressive Strength of Hydraulic*) dijelaskan bahwa nilai kuat tekan beton ringan harus lebih besar dari 1.4 Mpa, sehingga benda uji memenuhi syarat kuat tekan SNI 3-0349-1989 dengan klasifikasi termasuk dinding beton mutu dengan kuat tekan rata-rata minimum 40 kg/cm².

b. Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur menggunakan alat *hydraulic jack* bermerk *Jinan TE Corporation* buatan Cina. Proses pengujian menggunakan metode *center point loading* sesuai standar ASTM C293. Benda uji ditekan dengan alat hidrolik sampai mengalami keruntuhan atau mencapai kuat lentur maksimal. Acuan hasil pengujian ini memakai ASTM C869 dijelaskan bahwa nilai kuat lentur minimal untuk beton ringan seluler adalah 0,17 Mpa atau 25 psi.

c. Resapan Air

Uji penyerapan air menggunakan benda uji yang telah berumur 28 hari. Aturan yang digunakan untuk pengujian ini adalah SNI 03-0349-1989 yang menjelaskan rata-rata maksimal untuk penyerapan air pada mutu dinding I yaitu 25% dan mutu dinding II yaitu 35%, namun mutu dinding bata ringan tergolong mutu III maka dari itu dipakai ketentuan dari ASTM C869 mengenai nilai penyerapan air maksimal tidak boleh lebih dari 25%, sehingga benda uji ini memenuhi syarat untuk dijadikan panel dinding beton ringan.

PEMBAHASAN

Pembahasan dan analisis penelitian ini disesuaikan dengan rumusan masalah dan tujuan masalah, hal ini dimaksudkan agar bahasan tidak melebar. Cakupan yang dijelaskan meliputi:

1. Pengaruh Serat Terhadap Sifat Fisik

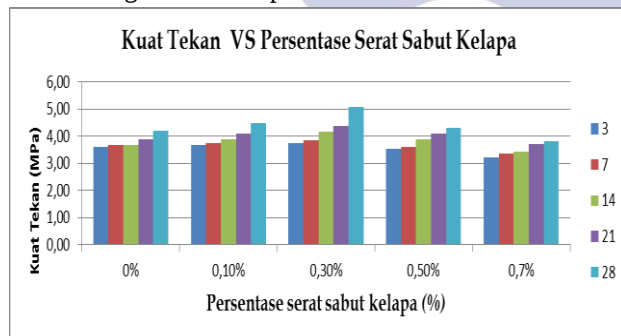
Pengaruh terhadap sifat fisik ini adalah pengaruh penambahan variasi serat sabut kelapa untuk bahan campuran beton ringan dengan kandungan catalyst, monomer dan kapur yang telah ditetapkan nilainya berdasarkan penelitian yang sebelumnya dilakukan Hazim, Muhammad., 2016.

Penggunaan bahan tambah serat sabut kelapa menyebabkan bertambahnya kepadatan panel dan pori-pori relatif tidak nampak, serta berat volume yang semakin ringan dengan bertambahnya pemakaian serat, bentuk yang cukup seimbang diperlihatkan pada penambahan serat 0,3% walau berat volume yang dihasilkan tidak seberat dari variasi 0% tanpa penambahan serat. Penambahan serat 0,3% pada beton ringan khususnya identifikasi pada panel menghasilkan komposisi beton yang terbaik dikarenakan poros beton yang kosong terisi dengan adanya serat sabut kelapa, dan pasir yang ada pada beton belum terdesak keluar oleh adanya serat yang terlalu banyak.

2. Pengaruh Terhadap Sifat Mekanik

Pengaruh terhadap sifat mekanik mengenai pengaruh kuat tekan, kuat lentur dan berat volume terhadap penambahan variasi serat sabut kelapa.

a. Pengaruh terhadap Kuat Tekan

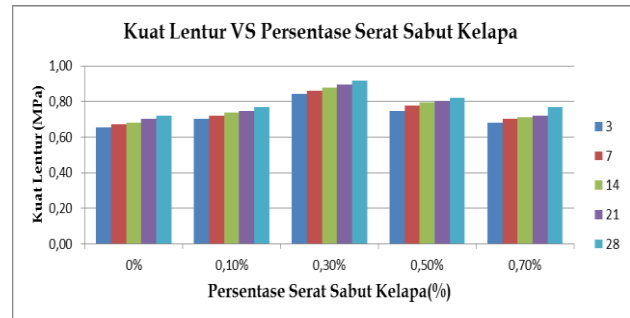


Grafik 4.1 Kuat Tekan
Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Grafik 4.1 menjelaskan tentang nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi 0,3% penambahan serat yaitu 5.06 MPa pada umur 28 hari, sedangkan pada variasi 0% tanpa penambahan serat pada umur 28 hari dihasilkan 4.19 MPa. Hal ini memberikan kesimpulan bahwa penambahan variasi serat 0.3% memberikan komposisi yang seimbang dikarenakan pori-pori yang dihasilkan oleh *foam agent* tertutup sempurna dengan adanya 0,3% serat sehingga berat volume benda uji menjadi lebih seimbang

sehingga diperoleh kekuatan beton yang maksimal.

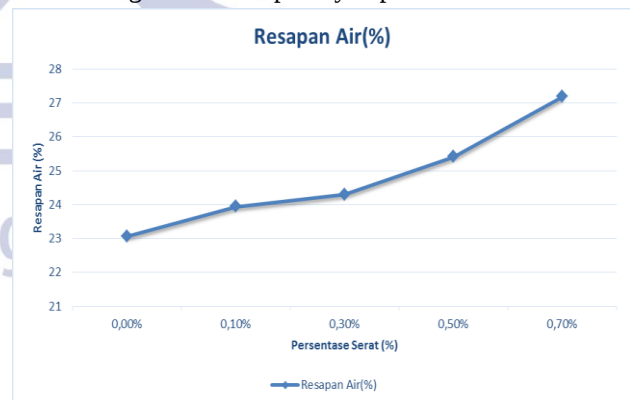
b. Pengaruh terhadap Kuat Lentur



Grafik 4.2 Kuat Lentur
Sumber: Hasil Perhitungan

Grafik 4.2 menjelaskan nilai kuat lentur tertinggi didapatkan pada variasi 0,3% penambahan serat dengan hasil yaitu 0.92 Mpa pada umur 28. Kuat lentur dengan semakin banyak penambahan serat menimbulkan penurunan seperti pada variasi 0,5% dan 0,7%. Variasi 0.3% penambahan serat memberikan kesimpulan bahwa dengan adanya serat akan berpengaruh pada hasil dari kuat lentur namun jika penambahan serat tersebut terlalu banyak maka komposisi beton tidak seimbang karena terjadi segregasi yang ditimbulkan oleh serat, dengan demikian bisa disimpulkan bahwa dengan variasi 0,3% terjadi keseimbangan material pada beton ringan. Kuat lentur beton tidak terlalu berpengaruh dengan adanya umur beton sampai 28 hari.

c. Pengaruh terhadap Penyerapan Air

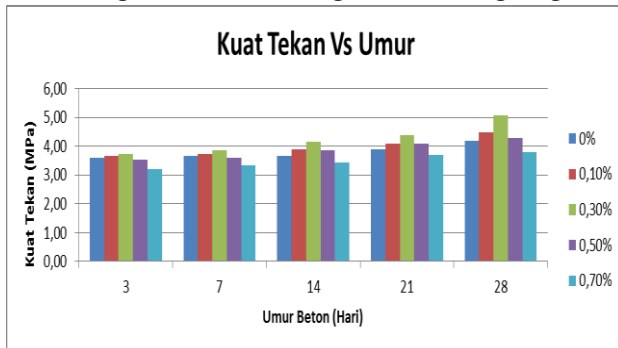


Grafik 4.3 Penyerapan Air
Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Grafik 4.3 menjelaskan tentang pengaruh penambahan serat terhadap penyerapan air. Hasil penyerapan terendah terdapat pada variasi 0% tanpa penambahan serat yaitu 23,066 dengan semakin bertambahnya serat maka penyerapan air semakin tinggi, hal ini dikarenakan sifat serat

yang dapat menyerap air dan terlalu banyaknya serat maka tingkat segregasi yang ditimbulkan semakin tinggi.. Persyaratan mutu dinding beton ringan selular tahan cuaca mencantumkan penyerapan air maksimal 25% sehingga variasi yang bisa dipergunakan yaitu variasi 0%, 0,1%, dan 0,3%, sedangkan untuk variasi 0,5% dan 0,7 hasil penyerapan melebihi angka 25%.

3. Hubungan Kuat Tekan dengan Waktu Pengeringan



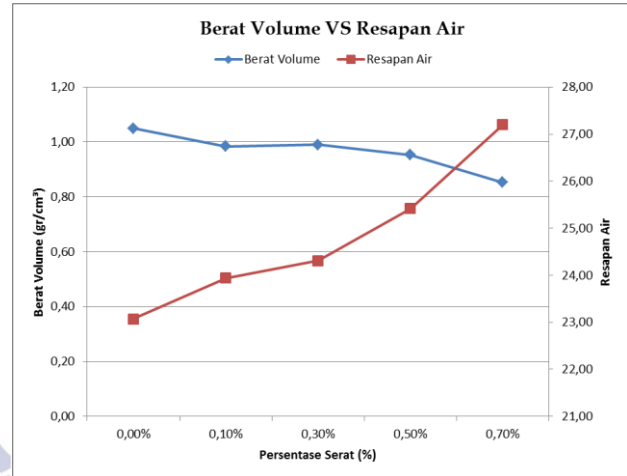
Grafik 4.4 Hubungan Kuat Tekan vs Umur Beton
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 dan Grafik 4.4 didapatkan nilai pertambahan hasil kuat tekan beton semakin tinggi seiring dengan berjalannya waktu, pada umur 28 hari didapatkan kuat tekan beton tertinggi yaitu 5.06 Mpa pada variasi 0.3% penambahan serat sabut kelapa. Hubungan antara kuat tekan dan umur beton yang meningkat seiring dengan umur disebabkan beton ringan termasuk juga beton mortar sehingga segala sifat yang dimiliki beton normal serupa dengan beton ringan khususnya penambahan 0,3% serat sabut kelapa.

4. Persentase Optimum Penggunaan Serat Sabut Kelapa

Kadar optimal suatu penambahan variasi serat sabut kelapa dapat ditentukan dengan membuat hubungan antara berbagai grafik yang telah dibuat, seperti hubungan berat jenis vs resapan air, hubungan berat volume vs kuat tekan, berat volume vs kuat lentur, kuat tekan vs resapan air dan juga grafik adanya relevansi antara peningkatan kuat tekan vs kuat lentur. Berikut ini disajikan berbagai macam grafik serta analisisnya sehingga bisa ditarik simpulan kadar optimum untuk penggunaan serat sabut kelapa.

a. Hubungan berat volume vs resapan air

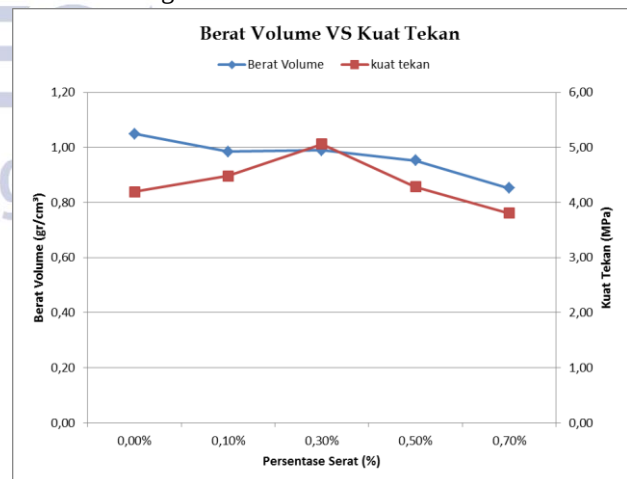


Grafik 4.5 Berat Volume vs Resapan Air 28 Hari
Sumber: Hasil Perhitungan

Grafik 4.5 diatas mendapatkan hasil bahwa pada variasi penambahan serat 0% menghasilkan berat volume tertinggi yaitu 1.05 g/cm³ dengan resapan air terendah 23.07 %, berat volume tertinggi pada variasi ini hampir memenuhi sasaran berat jenis penelitian yaitu berat volume range 1200-1400 kg/m³ atau 1.2-1.4 g/cm³ tetapi sudah memenuhi kriteria dari beton ringan seluler yaitu 0.4-1.6 g/cm³ (saryas qadir sabir). Resapan airnya telah memenuhi ketentuan maksimal 25% pada peraturan ASTM C869.

Resapan air terendah terdapat pada variasi 0% penambahan serat karena terjadi berat volume terbesar, tetapi pada berat jenis serat diatas 0,3% terjadi penyerapan air yang relatif tinggi karena porus beton tidak terisi secara sempurna.

b. Hubungan berat volume vs kuat tekan

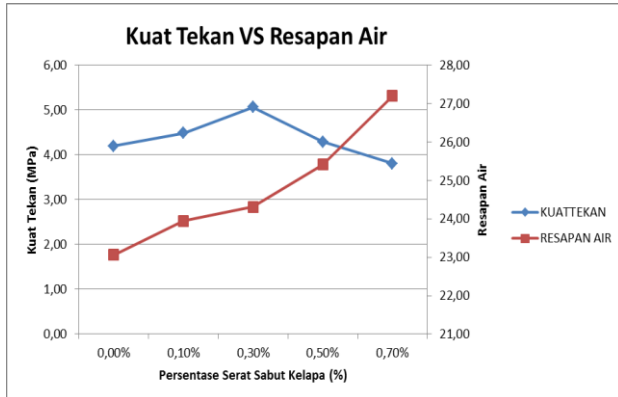


Grafik 4.6 Berat Volume vs Kuat Tekan 28 Hari
Sumber: Hasil Perhitungan

Grafik 4.6 didapatkan hasil hubungan berat volume dengan kuat tekan dimana terjadi nilai

kuat tekan tertinggi pada penambahan variasi 0.3% nilai kuat tekan 5.06 MPa dengan berat volume 0,99 g/cm³, untuk berat volume dinyatakan hampir memenuhi ketentuan sasaran penelitian dan untuk kuat tekan telah memenuhi yaitu diatas 1.4 MPa sesuai dengan peraturan ASTM C869.

c. Hubungan kuat tekan vs resapan air

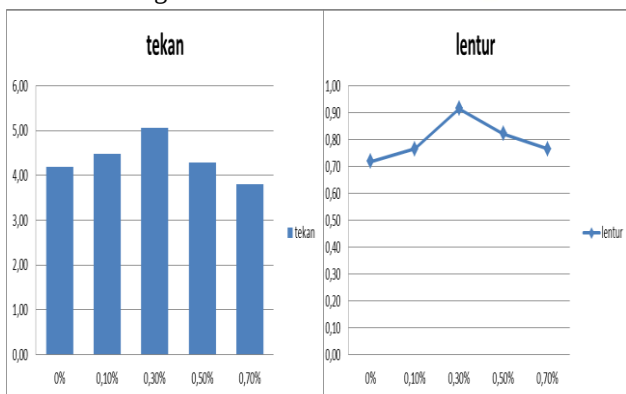


Grafik 4.7 Kuat Tekan vs Resapan Air
Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Grafik 4.8 didapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada variasi 0.3% penambahan serat yaitu 5.06 MPa pada umur 28 hari dengan resapan air terendah terjadi pada variasi 0% serat yaitu 23.07 %. Hasil yang didapat telah memenuhi syarat dari ASTM C869.

Penyerapan air terendah pada penambahan 0.0% serat karena pada 0.0% serat keseluruhan material menyatu sempurna sedangkan semakin banyak penambahan serat tingkat penyerapan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan sifat serat yang menyerap air sehingga intensitas penyerapan pun juga makin tinggi dengan jumlah serat yang semakin banyak.

d. Hubungan kuat tekan vs kuat lentur



Grafik 4.8 Kuat Tekan vs Kuat Lentur
Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Grafik 4.8 menjelaskan hasil dari hubungan kuat tekan vs kuat lentur menunjukkan adanya hubungan selaras dimana hasil kuat tekan bertambah maka hasil dari kuat lentur juga mengalami kenaikan dengan nilai kuat tekan tertinggi yaitu 5.06 MPa dan nilai kuat lentur tertinggi yaitu 0.92 MPa pada umur 28 hari pada variasi penambahan 0.3% serat sabut kelapa.

Pada variasi 0.3% penambahan serat terjadi keseimbangan komposisi pada beton ringan, hal ini dikarenakan pori-pori yang dihasilkan *foam agent* tertutup sempurna dan memberikan kepadatan pada beton ringan tersebut sehingga kuat tekan dan kuat tarik dihasilkan hasil optimum tanpa mempengaruhi keseimbangan material atau tidak terjadi segregasi material.

PENUTUP

Simpulan

Hasil penelitian mendapatkan simpulan sebagai berikut.

1. Pengaruh penambahan bahan tambah berupa serat sabut kelapa pada campuran beton ringan berbahan dasar *catalyst*, *monomer* dan kapur terhadap sifat fisiknya berupa warna yang didapatkan putih keabu-abuan yang berasal dari penggunaan 10% kapur, lalu bentuk permukaan benda uji yang rata karena gelembung-gelembung akibat *foam* telah berkurang dikarenakan terisi oleh serat sabut kelapa, kemudian untuk berat jenis pada penambahan 0% serat sabut kelapa terjadi berat volume yang lebih besar dibandingkan dengan penambahan serat sabut kelapa terjadi penurunan berat jenis beton ringan secara runtun dengan semakin banyaknya serat yang dipakai dikarenakan serat sabut yang memiliki sifat menyerap air sehingga semakin banyak serat yang digunakan semakin besar pula serapan air yang ditimbulkan pada beton ringan tersebut dan mempengaruhi berat jenisnya pula.
2. Pengaruh terhadap sifat mekanik berupa kuat tekan yang lebih besar untuk penambahan 0.3% serat sabut kelapa dibanding tanpa serat yang mengalami kenaikan dari 4.19 MPa pada penambahan 0% serat dengan 5.06 MPa pada penambahan 0.3% serat.

Kuat lentur pada penambahan 0.3% serat sabut kelapa terjadi kuat lentur optimal yaitu 0.92 MPa pada umur 28 hari dan tanpa serat 0.72

MPa pada umur 28 hari, hal ini didapatkan kuat lentur meningkat seiring dengan penambahan optimal 0.3% serat sabut kelapa, tetapi jika lebih dari 0.3% serat terjadi penurunan kuat lentur beton ringan khususnya pada 0.7% serat.

3. Hubungan kuat tekan dengan waktu *curing* beton ringan seluler saling berhubungan khususnya pada penambahan 0.3% serat sabut kelapa, ketika terjadi penambahan umur maka kuat tekan bertambah dan pada umur 28 hari terjadi kuat tekan terbesar pada penambahan 0.3% serat sabut kelapa yaitu 5.06 MPa.
4. Persentase optimal penggunaan serat sabut kelapa pada campuran beton ringan seluler dengan bahan tambah berupa *catalyst*, *monomer* dan kapur didapatkan pada penambahan optimal 0.3% serat sabut kelapa terhadap berat total benda ujinya, ketika lebih besar dari 0.3% maka akan terjadi penurunan berupa kuat tekan dan berat volume dikarenakan ketika penambahan lebih dari 0.3% maka terjadi segregasi material beton ringan sehingga komposisi yang terdapat pada beton ringan tidak seimbang menyebabkan material lain terdesak keluar oleh serat menyebabkan berat volume yang lebih rendah, ketika berat jenis rendah maka kuat tekan yang dihasilkan rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 C293-02. 2002. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete Using Simple Beam With Center Point Loading*, Annual Book of ASTM Standard, Vol.14.04.2002. ASTM, 2002: West Conshohocken.
- ASTM C348. 2002. *Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars*, Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02.2002. ASTM, 2002: 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 Vol.04.02.1998. 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.
- Bayuaji dan Biyanto. 2009. "Evaluasi Densiti *Lightweight Foam Concrete* Menggunakan Metode *Statistical Process Control (SPC)*". Jurnal ITS: Surabaya.
- Gurning, Nuria. 2013. "Pembuatan Beton Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit". Program Studi Magister Ilmu Fisika. USU: Medan.
- Hamad, J. Ali. 2014. "*Material, Production, Production and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review*". Engineering Technical College, Mosul: Iraq.
- Hazim. Muhammad F. 2016. "Studi Penggunaan *Catalyst*, *Monomer*, Dan Kapur Sebagai Material Penyusun Beton Ringan Seluler". *Rekayasa Teknik Sipil* Vol. 03 Nomor 03/rekat/16 (2016), Halaman 138-149. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- Hunggurami, Elia, dkk. 2014. "Studi Eksperimental Kuat Tekan dan Serapan Air Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Dengan Tanah Putih Sebagai Agregat", *Jurnal Teknik Sipil* Vol.03 No.2. FST Undana.
- Jitchaiyaphum, K., Sinsiri, T., Chindaprasirt, P. 2011. "*Cellular Lightweight Concrete Containing Pozzolan Materials*". *Procedia Engineering*. 14 (2011) Halaman 1157-1164. Published By Elsevier Ltd, DOI: 10.1016/j.proeng.2011.07.145.
- Malau, F. Blasius. 2004. "Penelitian Kuat Tekan dan Berat Jenis Mortar untuk Dinding Panel dengan Membandingkan Penggunaan Pasir Bangka dan Pasir Batu Raja dengan Tambahan Foaming Agent dan Silica Fume". Universitas Sriwijaya: Sumatera Utara.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nadia dan Sahrudin. 2016. "Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton". *Jurnal Kontruksi* Vol. 7 No.2. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Nawy, Edward. 2010. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Refika Aditama
- Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi.
- SNI 3-0349-1989. 1989. *Bata beton untuk pasangan dinding*. Badan Standarisasi Nasional..
- SNI 03-6820-2002. 2002. *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*. Badan Standar Nasional.
- Sugiyono. 2015. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung:: CV. Alfabeta.

Zakariya, Eky. 2018."Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Dengan Penggunaan *Catalyst*, *Monomer*, dan *Fly Ash* Sebagai Material Penyusun Beton Ringan Seluler. Rekayasa Teknik Sipil Unesa: Surabaya.

Zulkifly, dkk. 2013."Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Beton Normal". Jurnal Stabilita. Universitas Haluoleo: Kendari.



UNESA

Universitas Negeri Surabaya