

KARAKTERISTIK BETON RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT KASAR

I Wayan Suarnita *

Abstract

The objective of the research is to know of lightweight concrete characteristic of endocarp which is consist of weight, compressive strength, elasticity modulus, tensile strength, flexure strength, and bond strength. The research had been done in the Concrete and Material Laboratory of Technic Faculty of Untad. The 18 components of lightweight aggregate experiments are 10 cylindrical (D15 x 30 cm), 5 squares (15 x 15 cm) and 3 rectangle (15 x 15 x 60 cm). The volume fraction endocarp lightweight aggregate that use is 0.35 and Cemen Water Factor (FAS) is 0.5 and the experiment of the component when it has been 28 days.

In this research, it found the average of lightweight concrete characteristic of endocarp consist of the average of compressive strength is 14.054 MPa, Modulus elasticity wich is found from slant line of elastic curve (0.5 f'c) is 4595.590 MPa, tensile strength average is 1.713 MPa, flexure strength average is 2.329 MPa and bond strength average by used deform Ø 8.8 mm is 10.308 MPa.

Key words : *endocarp, Lightweight Concrete, Concrete Characteristic*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton ringan tempurung kelapa yang meliputi berat isi, kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, kuat lentur dan kuat lekat tulangan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Beton Fakultas Teknik Untad. Benda uji beton ringan yang dibuat sebanyak 18 buah yaitu 10 buah Silinder (D15 x 30 cm), 5 buah kubus (15 x 15 x 15 cm) dan 3 buah balok (15 x 15 x 60 cm). Fraksi volume agregat ringan tempurung kelapa yang digunakan adalah 0.35, faktor air semen (FAS) adalah sebesar 0.5 serta pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari.

Pada penelitian ini, diperoleh nilai rata-rata dari karakteristik beton ringan tempurung kelapa meliputi nilai berat isi rata-rata yaitu 1.701 kg/m³, nilai kuat tekan rata-rata yaitu 14.054 MPa, nilai modulus elastisitas (E_c) yang diperoleh dari kemiringan garis pada kurva elastis (0.5 f'c) yaitu 4595.590 MPa, nilai kuat tarik belah rata-rata yaitu 1.713 MPa, kuat lentur rata-rata yaitu 2.329 MPa, dan kuat lekat tulangan rata-rata dengan menggunakan tulangan ulir Ø 8.8 mm yaitu 10.308 MPa.

Kata Kunci : Tempurung kelapa. Beton Ringan. Karakteristik Beton

1. Pendahuluan

Dalam beberapa jenis beton, kita mengenal adanya beton ringan. Beton ringan adalah beton yang umumnya terbuat dari agregat ringan, dimana agregat ringan ini adalah agregat dengan berat isi kering oven gembur maksimum 1100 kg/m³. Berat isi beton ringan berkisar antara 1360 – 1840

kg/m³ dan dapat dianggap sebagai batas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini kadang-kadang melebihi.

Pada umumnya pemilihan agregat ringan yang akan digunakan didasarkan pada kuat tekan beton ringan serta berat isi beton ringan yang telah disyaratkan, pemilihan agregat

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

ringan ini juga di dasarkan pada tujuan konstruksi yang akan dibuat seperti untuk konstruksi beton ringan struktural. Beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat ringan kasar serta pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton ringan yaitu 1840 kg/m³.

Proporsi campuran adukan yang direncanakan haruslah menghasilkan beton ringan yang memenuhi persyaratan antara lain kekuatan, keawetan, berat isi, dan ekonomis. Sedangkan untuk perencanaan komposisi campuran adukan beton ringan yang diperoleh dengan menggunakan metode coba-coba/trial and eror yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan dan berat isi beton ringan yang disyaratkan.

Pada daerah tertentu di Indonesia, ada daerah yang karena kondisi geologi dan struktur tanahnya, sangat sulit mendapatkan agregat, khususnya agregat kasar sebagai bahan utama pembuatan beton. Untuk mengatasi hal tersebut, maka penulis melakukan penelitian ini dengan menggunakan tempurung sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton.

Sulawesi Tengah yang tercatat menghasilkan 185.051 ton komoditi kelapa pada tahun 2005 (Sumber: Dinas Pertanian, Perkebunan dan Peternakan Sulawesi Tengah), di mana 15 % nya, yaitu sekitar 27.758 ton merupakan tempurung kelapa yang biasanya digunakan sebatas sebagai arang atau hanya dibiarkan menimbun sebagai limbah padat. Sehingga selain merupakan bagian yang paling keras, pemakaian tempurung dalam pembuatan beton juga memberikan manfaat tersendiri bagi daerah

penghasil kopra, seperti Sulawesi Tengah.

2. Tinjauan Pustaka

Beton ringan dapat dibagi dalam tiga kelompok (Winter dan Nilon, 1993) yaitu :

- a. Beton dengan berat jenis rendah, yang terutama dipakai sebagai isolasi dengan berat isi kurang dari 50 pcf (800 kg/m³).
- b. Beton berkekuatan menengah, dengan berat isi berkisar antara 60 – 80 pcf (960 – 1360 kg/m³) dan berkekuatan tekan antara 1000 – 2500 psi (6.89 – 17.23 MPa) yang terutama dipakai sebagai pengisi, misalnya pada panel-panel lantai baja berukuran ringan.
- c. Beton struktur, dengan berat isi berkisar antara 90 – 120 pcf (1440 – 1920 kg/m³) dan kekuatan tekan yang sama besarnya dengan kekuatan beton biasa.

Menurut (SNI 03-3449-1994) beton ringan struktural adalah beton yang memakai 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 dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural.

Kekuatan tarik dari beton ringan yang kering udara berkisar antara 70 % sampai 90 % dari kuat tarik beton normal dengan kekuatan tekan yang sama, sedang apabila kedua jenis beton tersebut secara terus menerus diberikan kelembaban maka kekuatan tariknya mempunyai nilai besar yang hampir sama.

2.1 Karakteristik Beton ringan

Beton merupakan campuran bahan-bahan yang mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda-beda. Penggabungan bahan-bahan tersebut (Semen, pasir, tempurung kelapa, air) akan membentuk suatu karakteristik unik dari beton. Adapun karakteristik beton ringan terdiri dari :

a. Kuat Tekan

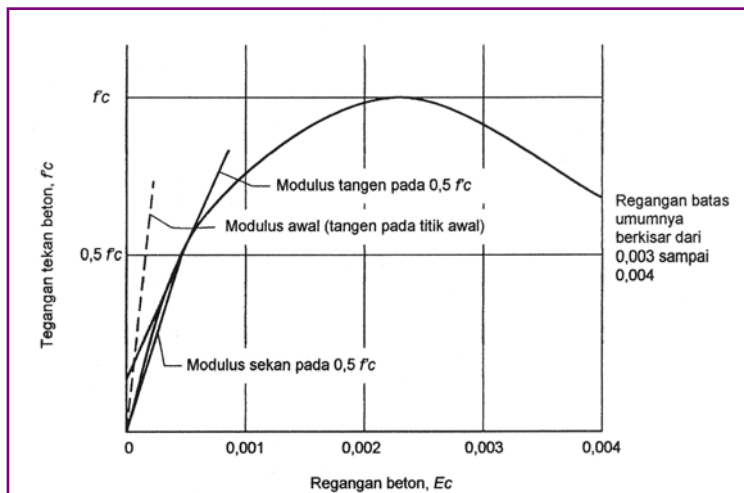
Kuat tekan beton ringan selain berhubungan dengan perencanaan campuran adukan beton ringan, juga mempunyai hubungan yang unik dengan karakteristik beton ringan yang lainnya seperti berat isi, kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, kuat lentur dan kuat lekat tulangan. Kuat tekan merupakan gambaran mutu beton. Menurut SNI 03-1974-1990 yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton

hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan.

b. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya lentur yang terjadi. Modulus elastisitas ini berhubungan dengan sifat kekuatan bahan yang dinyatakan sebagai ukuran kemampuan beton tempurung kelapa untuk menahan beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu memanjang serat di tengah-tengah balok yang disangga kedua ujungnya.

Beton yang sedang menahan beban akan terbentuk suatu hubungan regangan dan tegangan yang merupakan fungsi dari waktu pembebanan. Beton menunjukkan sifat elastis murni pada waktu menahan beban singkat



Gambar 1. Kurva tegangan-regangan untuk beton dalam tekan
(Sumber : Wang, 1990)

Kemiringan garis singgung pada segmen pertama garis parabola didefinisikan sebagai *Modulus Tangen (Tangent Modulus)* dianggap sebagai modulus elastisitas beton E_c , sedang kemiringan yang melalui titik $0.5f'_c$ adalah *Modulus Sekan (Secant Modulus)*, yang umum diambil sebagai modulus elastisitas.

Sesuai dengan SK SNI T-15-03 pasal 3.1.5 digunakan rumus nilai modulus elastisitas sebagai berikut :

$$E_c = 0.043 \times (W_c)^{1.5} \times \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots(1)$$

Keterangan :

E_c = Modulus elastisitas beton (kg/cm^2)

W_c = Berat isi beton kering oven (kg/cm^3)

f'_c = Kuat tekan beton (kg/cm^2)

Pengujian tarik secara langsung pada beton sukar untuk dilaksanakan, tidak seperti halnya pada bahan dari baja. Untuk itu dilakukan pengujian secara tidak langsung yang dikenal sebagai uji tarik belah.

Sesuai dengan SK SNI 03-2491-1991 kuat tarik belah dari benda uji, dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$f_{ct} = 2P / (\pi L.D) \quad \dots\dots\dots(2)$$

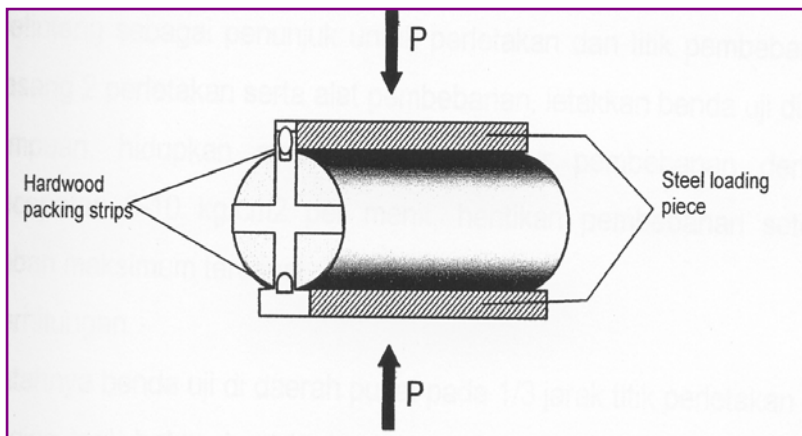
f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban uji maksimum (beban belah/hancur) (N)

L = Panjang benda uji (mm), D = diameter benda uji (mm)

Kuat beton ringan tempurung kelapa menahan gaya tarik adalah juga sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran retak di dalam struktur.

c. Kuat Tarik Belah



Gambar 2. *Set up* Pengujian Kuat Tarik Belah

Kuat tarik beton ringan relatif rendah. Kuat tarik lebih sulit diukur dibanding dengan kuat tekannya. Kekuatan tarik dari beton ringan yang kering udara berkisar antara 70% sampai 90 % dari kuat tarik beton normal dengan kekuatan tekan yang sama, sedang apabila kedua jenis beton tersebut secara terus menerus diberikan kelembaban maka kekuatan tariknya mempunyai nilai besar yang hampir sama.

Patahnya benda uji di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakkan dan bagian tarik beton, kuat lentur beton dihitung dengan rumus :

$$f_r = \frac{P.l}{b.d^2} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan untuk menghitung kuat lentur beton, dimana patahnya benda uji di luar pusat adalah:

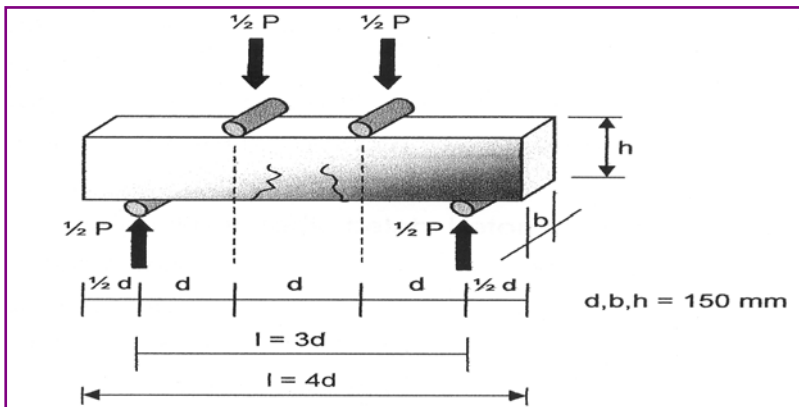
$$f_r = \frac{3P.a}{b.d^2} \dots\dots\dots(4)$$

d. Kuat lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu yang diberikan padanya sampai balok beton patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa). Kuat tarik dalam lentur dikenal sebagai modulus runtuh (*Modulus of Rupture*). Untuk batang yang mengalami lentur yang dipakai dalam desain adalah besarnya modulus runtuh (f_r). Dalam sebuah balok elastis homogen yang menerima momen lentur, tegangan-tegangan.

Keterangan :

- f_r = Kuat lentur benda uji (N/mm²),
- P = Beban maksimum dari mesin benda uji (N)
- l = Jarak perletakan (mm), b = Lebar tampang lintang patah horizontal (mm)
- h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
- a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar (mm)



Gambar 3. Set up pengujian kuat lentur beton

Menurut SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.5 ditetapkan secara empiris besarnya modulus runtuh (f_r) beton ringan sebagai berikut :

$$f_r = 0.75 (0.70 \sqrt{f'_c}) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

f_r = Kuat lentur (MPa), f'_c = Kuat tekan (MPa)

e. Kuat lekat tulangan

Kuat Lekat tulangan yang merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti adhesi antara beton dengan permukaan tulangan baja dan tekanan beton yang telah mengeras terhadap tulangan atau kawat baja adalah akibat adanya susut pengeringan pada beton (Nawy, 1998). Selain itu saling bergeseknya tulangan baja dan beton sekitarnya yang disebabkan oleh tulangan tarik menyebabkan peningkatan tahanan terhadap gelincir. Efek total ini disebut sebagai lekatan. Lekatan dapat dituliskan (Pd.M-15-1996-03) :

$$\text{Kuat lekat} = P/F \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

P = Beban (N),
F = Luas selimut tulangan yang tertanam dalam beton (mm²).

Kuat lekat tergantung pada faktor-faktor sebagai berikut :

- i. Daya ikat (Adhesi) antara beton dan bahan penguatnya (tulangan baja)
- ii. Efek *Gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan dan saling geser antara tulangan dengan beton sekitarnya.

iii. Tahanan Gesekkan (*Friksi*) terhadap gelincir dan saling mengunci pada saat elemen penguat atau tulangan mengalami tegangan tarik.

iv. Kualitas beton.

v. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan .

vi. Diameter, bentuk dan jarak tulangan.

Selanjutnya besarnya kuat lekat yang dihasilkan seperti yang diisyaratkan oleh peraturan ACI 1963 (Wang dan Salmon, 1985) untuk tulangan dengan diameter lebih kecil dari 35 mm memberikan rumus sebagai berikut :

$$u = 20.2 \sqrt{f'_c} / D \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

u = Kuat lekat tulangan, MPa,
 f'_c = Kuat tekan beton, MPa,
D = Diameter tulangan, mm

3. Metode Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dikelompokkan dalam beberapa tahap, yaitu tahap persiapan bahan penelitian , tahap pembuatan benda uji dan tahap pelaksanaan/pengujian.

3.1 Penyediaan bahan penelitian

Bahan utama yang akan digunakan dalam penelitian untuk menghasilkan beton normal, yaitu:

- a. Semen: yang akan digunakan adalah semen portland tipe I yang terdapat di pasaran Kota Palu dengan merek dagang Semen Tonasa

- b. Air: yang akan digunakan adalah air bersih yang tersedia di Laboratorium Bahan dan Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako Palu.
- c. Agregat halus: yang akan digunakan adalah pasir dari Sungai Palu, dimana pasir tersebut mempunyai bentuk yang bulat, bersih, butir-butir yang halus dan mempunyai gradasi yang baik (zona I).
- d. Agregat kasar : yang akan digunakan adalah tempurung yang diambil langsung dari tempat pengolahan kelapa yang ada disekitar kota Palu. Adapun pengolahan tempurung adalah sebagai berikut, ; tempurung terlebih dahulu dibersihkan agar sabut dan sisa-sisa kelapa yang menempel dapat hilang dengan menggunakan peralatan berupa pisau atau yang sejenisnya ; Kemudian tempurung ditumpuk/dipecahkan dengan menggunakan alu atau palu dan lumpang, agar diperoleh ukuran tempurung maksimum 20 mm sampai minimum 4 mm.

3.2 Rancangan campuran

Perancangan campuran dilakukan dengan mengacu pada Metode SNI 03-3449-1994. Dengan menginput data material yang

diperoleh dari pemeriksaan sebelumnya serta data sekunder yang mendukung dalam prosedur SNI 03-3449-1994 sehingga akan diperoleh rancangan komposisi campuran.

3.3 Pembuatan benda uji

Kebutuhan benda uji yang akan dibuat sesuai Tabel 1.

4. Hasil Pengujian

4.1 Pengujian berat isi beton ringan tempurung kelapa.

Menurut Murdock (1986), berat jenis beton ringan berkisar antara 1360 – 1840 kg/m³ dan dapat dianggap sebagai batas dari beton ringan yang sebenarnya, sedangkan menurut Tjokrodimuljo (1996), beton disebut ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m³.

Hasil-hasil dari pengujian berat isi dari beton ringan tempurung kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa berat isi beton ringan tempurung kelapa diperoleh, untuk benda uji silinder 1.687 kg/m³, balok 1.690 kg/m³, kubus 1.725 kg/m³. sehingga diperoleh berat isi rata-rata beton ringan tempurung kelapa sebesar 1.701 kg/m³.

Tabel 1. Kebutuhan Benda Uji

Umur beton (Hari)	Jenis benda uji	Pengujian	Benda uji	Jumlah benda uji
28	Silinder (D15cm x 30 cm)	Kuat Tekan	5 Buah	10 Buah
		Kuat Tarik Belah	5 Buah	
28	Balok (15 x 15 x 60) cm	Kuat Lentur	3 Buah	3 Buah
28	Kubus (15 x 15 x 15) cm	Kuat Lekat Tulangan	5 Buah	5 Buah
Total				18 Buah

Tabel 2. Hasil pengujian berat isi beton ringan tempurung kelapa.

No.	Bentuk Benda Uji	Satuan	Berat Isi	Berat Isi Rata-rata
1	Silinder	Kg/m ³	1.687	1.701
2	Balok	Kg/m ³	1.690	
3	Kubus	Kg/m ³	1.725	

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Ringan Tempurung kelapa

No.	Bentuk Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	Silinder	13.777	14.054
2	Silinder	14.240	
3	Silinder	14.328	
4	Silinder	13.598	
5	Silinder	14.328	

4.2 Hasil pengujian kuat tekan beton ringan tempurung kelapa

Hasil pengujian kuat tekan beton ringan tempurung kelapa berupa pengujian kuat tekan silinder beton. Pengujian menggunakan mesin uji tekan *Compression Test Machine*. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton mencapai umur perawatan 28 hari. Hasil-hasil dari pengujian kuat tekan rata-rata beton ringan tempurung kelapa di sajikan dalam Tabel 3.

Pada saat ditekan benda uji mampu menahan beban sampai terlepasnya ikatan pasta dengan agregat sehingga benda uji mengalami hancur dan retak. Pada saat dilakukannya proses penekanan terhadap sampel selinder beton ringan tempurung kelapa terjadi pengembangan pada sisi-sisi bagian tengah benda uji sesaat sebelum terjadi keretakan.

Hal ini disebabkan karena proses kembang susut agregat tempurung kelapa dalam beton ringan, yang dimungkinkan merupakan salah satu penyebab yang mempengaruhi hasil kuat tekan beton ringan tempurung kelapa. Akibat dari proses pengembangan agregat, maka dimensi dari agregat tempurung kelapa bertambah sehingga memungkinkan terjadinya desakan oleh agregat tempurung kelapa dalam campuran pada saat proses pencampuran dan perawatan benda uji yang dibasahi dengan kain basah selama 7 hari. Sebaliknya setelah benda uji diangkat dari proses perawatan selama 7 hari dan didiamkan selama 21 hari sebelum dilakukannya proses penekanan, maka dimungkinkan terjadi susut agregat akibat penguapan air pada beton. Hal ini akan mengakibatkan pengecilan dimensi agregat tempurung kelapa dan memungkinkan tercipta rongga – rongga baru pada ruang yang

ditempatinya saat proses kembang dalam beton yaitu pada saat perawatan beton selama 28 hari. Sehingga pada saat proses penekanan benda uji beton ringan tempurung kelapa cepat mengalami keretakan. Selain itu kandungan minyak pada sisi dalam dari agregat tempurung kelapa juga merupakan salah satu kelemahan yang mempengaruhi pengikatan pada campuran beton ringan tempurung kelapa sehingga proses adhesi dari agregat halus, agregat ringan tempurung kelapa, semen dan air tidak terjadi dengan baik.

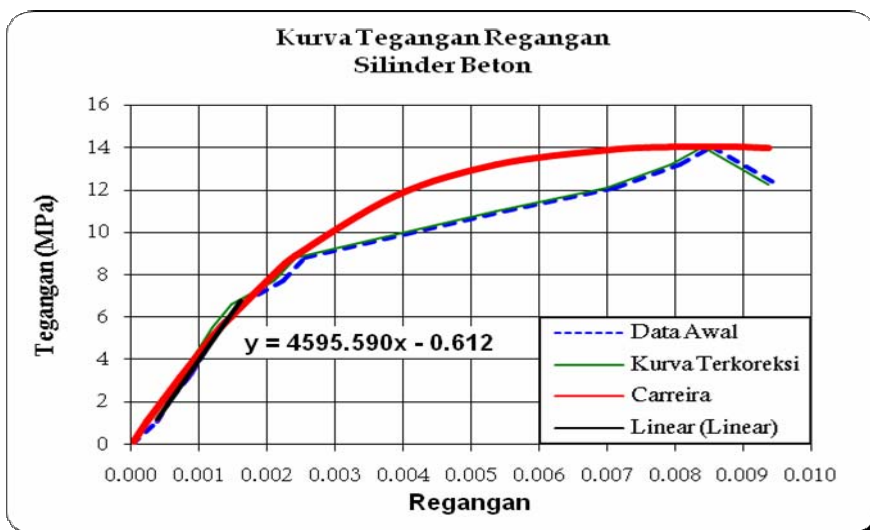
4.3 Hasil pengujian modulus elastisitas beton ringan tempurung kelapa

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.2 menetapkan bahwa regangan kerja maksimum yang diperhitungkan diserat tepi beton tekan terluar adalah 0.003 sebagai batas hancur.

Pengujian elastisitas beton ringan tempurung kelapa disajikan

dalam bentuk kurva hubungan antara tegangan dan regangan beton pada kondisi tekan yang dapat didekati dengan persamaan berdasarkan penelitian Carreira dan Chu, maka diperoleh kurva tegangan-regangan beton, seperti terlihat pada Gambar 4.

Dari Kurva tegangan-regangan beton ringan tempurung kelapa diatas Gambar 20, dapat dilihat bahwa regangan pada saat tegangan maksimum rata-rata (ϵ_c) diperoleh sebesar 0.0085. Hasil regangan beton ringan tempurung kelapa pada saat tegangan maksimum rata-rata (ϵ_c) cenderung lebih tinggi bila dibandingkan dengan regangan beton normal yang hanya 0.002. Ini menunjukkan bahwa beton ringan tempurung kelapa bersifat lebih daktail, artinya setelah tercapai tegangan maksimum beton ringan tempurung kelapa tidak langsung hancur melainkan mengalami deformasi terlebih dulu.



Gambar 4. Kurva Tegangan-Regangan Beton Ringan Tempurung kelapa.

Tabel 4. Modulus elastisitas beton ringan tempurung kelapa

Modulus Elastisitas Hasil Uji	Modulus Elastisitas Empiris
4595.590 MPa	8359.259 MPa

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Ringan Tempurung kelapa

Kuat Tarik Belah Hasil Uji	Kuat Tarik Belah Empiris
1.713 MPa	1.874 MPa

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Ringan Tempurung kelapa

Kuat Lentur Hasil Uji	Kuat Lentur Empiris
2.329 MPa	1.968 MPa

Modulus elastisitas beton ringan tempurung kelapa yang diperoleh dari kemiringan garis pada kurva daerah elastis ($0.5 f'c$) dan berdasarkan persamaan empiris sesuai SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.5 yang menetapkan nilai modulus elastisitas beton normal sebesar $E_c = 0.043 \times (W_c)^{1.5}$. Modulus elastisitas beton ringan tempurung kelapa dapat dilihat dalam Tabel 4.

4.4 Hasil pengujian kuat tarik belah beton ringan tempurung kelapa

Hasil dari pengujian kuat tarik rata-rata dan berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan empiris kuat tarik beton ringan tempurung kelapa di sajikan dalam Tabel 5.

Dari literatur yang ada pada umumnya kuat tarik beton mempunyai besaran 10 % - 15 % dari kekuatan tekan beton sehingga dari hasil pengujian

yang dilakukan, kuat tariknya sebesar 13.34 % dari kuat tekannya.

4.5 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tempurung kelapa

Pengujian kuat lentur rata-rata beton ringan tempurung kelapa nilainya akan dibandingkan dengan persamaan empiris sesuai SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 yang menetapkan bahwa nilai kuat tarik $f_r = 0.75 (0.70 \sqrt{f'c})$, dimana nilai $f'c$ adalah nilai kuat tekan beton ringan tempurung kelapa sebesar 14.054 Mpa.

Hasil-hasil dari pengujian kuat lentur rata-rata beton ringan tempurung kelapa disajikan dalam Tabel 6.

Dari Tabel 6 terlihat bahwa hasil pengujian kuat lentur mempunyai kuat lentur rata-rata sebesar 2.329 MPa. dan kuat lentur berdasarkan rumus empiris sebesar 1.968 MPa, terlihat juga bahwa

nilai kuat lentur uji lebih besar bila dibandingkan dengan kuat lentur yang dihitung dengan persamaan empiris. Hal ini disebabkan karena pada saat gaya tekan yang bekerja pada bidang tekan masih kuat, maka pada bidang bawah yang mengalami lentur masih ada tersisa gaya untuk menahan beban tarikan/lentur sehingga untuk uji lentur umumnya hasil yang diperoleh lebih besar dari hasil yang sebenarnya.

4.6 Hasil pengujian kuat lekat tulangan beton ringan tempurung kelapa

Hasil pengujian kuat lekat tulangan beton ringan tempurung kelapa menggunakan mesin uji lekat *Universal Testing Machine* benda uji kubus berdimensi 15 x 15 x 15 cm yang pada tengahnya ditancap baja tulangan ulir berdiameter 8.6 mm. Pengujian kuat lekat tulangan dilakukan setelah beton mencapai umur perawatan 28 hari.

Hasil yang diperoleh dari pengujian laboratorium akan dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan persamaan (9) seperti yang disyaratkan oleh peraturan ACI sebagai berikut :

$$u = \frac{20.2 \sqrt{f_c}}{D} = \frac{20.2 \sqrt{14.054}}{8.8} = 8.605 \text{ MPa}$$

Hasil dari perbandingan tersebut di sajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Kuat Lekat Tulangan Beton Ringan Tempurung kelapa

Kuat Lekat Tulangan Hasil Uji	Kuat Lekat Tulangan Empiris
10.308 MPa	8.605 MPa

Dari Tabel 7 terlihat perbedaan apabila dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu sebesar 10.308 MPa sehingga hasil yang diperoleh dari pengujian laboratorium lebih besar dari hasil perhitungan menurut ACI.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

- Berat isi rata-rata sebesar 1.701 kg/m³.
- Kuat tekan beton ringan tempurung kelapa dengan menggunakan komposisi campuran adukan 1 : 2 dan fraksi volume tempurung kelapa (nf) = 0.35 menghasilkan nilai kuat tekan tempurung kelapa sebesar 14.054 MPa.
- Modulus elastisitas beton ringan tempurung kelapa hasil uji diperoleh dari kemiringan kurva pada kurva daerah elastis (0.5 f'c) adalah sebesar 4595.590 MPa dan diperoleh regangan pada saat tegangan maksimum rata-rata (εc) yaitu 0.0085
- Hasil pengujian kuat tarik belah beton ringan tempurung kelapa rata-rata sebesar 1.713 MPa. .
- Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tempurung kelapa pada umur 28 hari diperoleh kuat lentur rata-rata sebesar 2.329 MPa.
- Hasil pengujian kuat lekat tulangan beton ringan tempurung kelapa diperoleh kuat lekat tulangan rata-rata sebesar 10.308 MPa.

6. Daftar Pustaka

Dewi Fithriyuni, 2007, *Analisis Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Variasi Endocarp*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu.

*Karakteristik Beton Ringan dengan Menggunakan Tempurung Kelapa sebagai
Bahan Pengganti Agregat Kasar
(I Wayan Suarnita)*

- Direktorat Pekerjaan Umum. 1994. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan (SNI 03-3449-1994)*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
- Diphohusodo, I, 1999, *Struktur Beton Bertulang*, penerbit PT Gramedia Pustaka utama, Jakarta
- Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton*, edisi I, ANDI, Yogyakarta
- Murdock, L.J., et.al., 1986, *Bahan dan Praktek Beton*, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta
- Nawy, E.G, 1998, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Cetakan II, PT. Refika Aditama, Bandung
- Neville, AM, 1975. *Properties of Concrete*. 2nd ed, The English Language Book Society and Pitmen Publishing, London
- Soedijanto, 1979. *Kelapa*. Cetakan ke-4, CV Yasaguna, Jakarta
- Syafrizal, 1989, *Studi Pemanfaatan Pasir dan Pecahan Genteng Bangka Untuk Pembuatan Mortar, Beton Non Pasir dan Beton Ringan*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta
- Suarnita, I Wayan, 2004, *Kajian Balok Beton Styrofoam Beton Ringan*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Program Pascasarjana, UGM, Yogyakarta
- Tjokrodimuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta
- Wahyudi, L. dan A. Rahim S., 1999, *Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-15-1991-03*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Wang Chu-Kwa, Charles G.S. 1993. *Desain Beton Bertulang – Jilid I*. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Winter, G. dan Nilson, A.H., 1993, *Perencanaan Beton Bertulang*, PT. Pradhya Paramita, Jakarta.