

## SUBSTITUSI AGREGAT KASAR MENGGUNAKAN PECAHAN TEMPURUNG KELAPA PADA CAMPURAN BETON NORMAL

Deni Irawan<sup>1</sup>, Utari Khatulistiani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

Email : [deni.irawan08@gmail.com](mailto:deni.irawan08@gmail.com) & [utari.kh@gmail.com](mailto:utari.kh@gmail.com)

**Abstrak.** Penelitian eksperimental ini adalah pembuatan campuran beton dengan menggunakan pecahan tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Tempurung kelapa yang digunakan merupakan limbah yang diambil dari pasar di Surabaya. Variasi tempurung kelapa pada campuran digunakan sebesar 0%, 10%, 20% dan 30% dari berat agregat kasar. Perhitungan *mix design* menggunakan metode DOE dengan FAS (Faktor Air Semen) sebesar 0,5. Benda uji beton berupa silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Pengujian beton yang dilakukan adalah uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah pada usia 7, 14 dan 28 hari. Dari hasil uji yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa campuran beton dengan pecahan tempurung kelapa sebesar 10% dari berat agregat kasar menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 22,038 MPa, lebih tinggi 1,06% dibanding kuat tekan beton normal yang menghasilkan sebesar 20,764 MPa. Kuat tarik belah beton dengan pecahan tempurung kelapa sebesar 10% dari berat agregat kasar menghasilkan nilai kuat tarik belah sebesar 4,53 MPa, lebih tinggi 1,06% dibanding kuat tarik belah beton normal sebesar 4,26 MPa. Substitusi pecahan tempurung kelapa ke dalam campuran beton sebesar 10% dari berat agregat kasar dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah dari beton kondisi normal dan merupakan campuran yang menghasilkan kekuatan optimal pada beton.

**Kata kunci:** Beton, tempurung kelapa, substitusi, agregat kasar.

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi beton saat ini memerlukan upaya peningkatan kinerja beton yang dihasilkan baik dari segi kualitas, bahan dan metode. Hal tersebut tidak terlepas dari tuntutan masyarakat akan infrastruktur yang semakin maju. Permintaan akan material beton semakin meningkat. Beton memiliki ciri mudah dibentuk sesuai kebutuhan. Selain semen, agregat dan air, bahan dasar untuk pembuatan beton juga mudah didapat. Adapun bahan tambah yang digunakan dalam campuran adukan beton, di antaranya bahan kimia, bahan serat serta bahan non kimia (Prayitno Andi, 2013).

Pemanfaatan limbah tempurung kelapa pada penelitian ini adalah sebagai upaya alternatif mengganti agregat kasar batu pecah untuk campuran beton. Hal ini melihat fisik tempurung kelapa yang bersifat keras. Untuk mengetahui bagaimana perilaku beton menggunakan agregat kasar tempurung kelapa pada penelitian ini digunakan tempurung kelapa sebesar 10%, 20% dan 30% dari berat total agregat kasar.

Pemikiran menggunakan tempurung kelapa untuk campuran beton karena Indonesia

sebagai negara tropis memiliki sumber daya alam buah kelapa (*Cocos Nucifera L*) yang sangat berlimpah, dan pemanfaatannya masih sangat terbuka untuk dikaji dan dikembangkan lebih lanjut untuk dapat dimanfaatkan secara optimal. Hal ini juga mengingat meski hampir seluruh bagian kelapa telah dimanfaatkan, banyak di antaranya yang terbuang percuma, seperti serabut dan cangkang. Beton menggunakan substitusi tempurung kelapa diharapkan dapat mengatasi masalah limbah lingkungan, karena bahan baku utamanya adalah limbah tempurung kelapa (Esmar Budi, 2011).

Berdasarkan hasil penelitian Deputy Riset Perwakilan Riset Kementerian Riset dan Teknologi Bidang Pemberdayaan dan Pembenahan Teknologi Nasional, dihitung jumlah limbah tempurung yang dihasilkan tanaman kelapa di Surabaya. Batok kelapa menyumbang 15-19% dari total berat buah kelapa. Sebagai contoh, pada tahun 2006 limbah tempurung kelapa yang dihasilkan di Surabaya sekitar 146 ton, hingga saat ini petani kelapa belum memanfaatkannya secara maksimal (Senen, 2011). Jika diperoleh 146 ton limbah batok kelapa dalam satu tahun, maka jumlah limbah tempurung kelapa dalam

## SUBSTITUSI AGREGAT KASAR MENGGUNAKAN PECAHAN TEMPURUNG KELAPA PADA CAMPURAN BETON NORMAL

(Deni Irawan, Utari Khatulistiani)

sehari adalah 400 kg. Dari referensi diatas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan limbah tempurung kelapa mencukupi bila digunakan untuk keberlanjutan produksi beton.

Limbah tempurung kelapa yang dihasilkan dari limbah hasil proses pemecahan buah kelapa untuk diambil airnya, selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu limbah tempurung kelapa dimanfaatkan sebagai substitusi sebagian agregat kasar pada campuran beton. Diharapkan dari penelitian ini diketahui bagaimana perilaku kuat tekan dan kuat tarik belah beton menggunakan tempurung kelapa sebagai substitusi sebagian agregat kasar.

Dari bahasan di atas terdapat rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : 1) berapa kuat tekan yang dicapai beton dengan menggunakan tempurung kelapa sebagai bahan substitusi sebagian agregat kasar pada usia 7, 14, dan 28 hari?, 2) berapa kuat tarik belah yang dicapai beton dengan menggunakan tempurung kelapa sebagai bahan substitusi sebagian agregat kasar pada usia 7, 14, dan 28 hari?, 3) berapa prosentase substitusi agregat tempurung kelapa yang menghasilkan kekuatan beton paling optimum?

Manfaat yang dapat diambil dengan adanya penelitian ini antara lain :

1. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat mengetahui efek dari pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan yang disubstitusikan dengan batu kerikil dalam sebuah campuran beton terhadap sifat mekanisnya seperti kuat tekan dan kuat tarik dalam pemanfaatan limbah.
2. Dapat mengurangi eksploitasi penggunaan batu kerikil yang terlalu berlebihan yang dapat mengakibatkan kelongsoran pada aliran sungai.
3. Dengan adanya penelitian ini diharapkan masyarakat sekitar bisa memanfaatkan limbah tempurung kelapa untuk dijadikan sebagai material substitusi pembangunan infrastruktur pada kawasan sekitar.

Agar penelitian ini lebih terfokus pada rumusan masalah, maka perlu diberi batasan-batasan masalah yaitu: 1) campuran beton yang direncanakan adalah Faktor Air Semen (FAS) = 0,5, 2) semen yang digunakan adalah semen portland produksi PT. Semen Gresik, 3) Agregat halus digunakan pasir berasal dari endapan sungai di daerah Mojokerto, 4) Agregat kasar digunakan batu pecah dari Gempol Pasuruan dan tempurung kelapa berasal dari limbah tempurung kelapa yang diambil dari pasar di Surabaya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Beton

Beton adalah campuran semen portland atau hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Adapun jenis beton terdiri dari beton bertulang, beton normal, beton polos, beton pracetak, beton prategang, dan beton ringan (Abing D.S., dkk 2012). Berbagai bangunan didirikan dengan menggunakan beton sebagai konstruksi utama, baik bangunan gedung, bangunan air, bangunan sarana transportasi dan bangunan-bangunan yang lainnya. Beton merupakan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan antara lain, kuat menahan gaya tekan, tahan terhadap perubahan cuaca, lebih tahan terhadap suhu tinggi, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan dan mudah dikerjakan dengan cara mencampur semen, agregat, air, dan bahan tambahan lain bila diperlukan (Yufiter, 2012).

Beton segar adalah adukan beton yang bersifat plastis yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah atau bahan pengisi (SNI 1972:2008). Sifat-sifat beton segar sangat penting untuk diketahui karena mempengaruhi pemilihan peralatan yang dibutuhkan dalam pengerjaan dan pemadatan serta kemungkinan mempengaruhi sifat-sifat beton pada saat mengeras. Ada dua hal yang harus dipenuhi dalam pembuatan beton yaitu pertama sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras seperti kekuatan, keawetan dan kestabilan volume. Yang kedua sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis atau kemudahan pengerjaan (*workability*) tanpa adanya *bleeding* dan *segregation*. Akan tetapi sifat ini tidak dapat dirumuskan dengan pasti dan berlaku untuk semua jenis bahan baku, kondisi lingkungan dan cuaca disekitar lokasi pekerjaan. Sebagai contoh, campuran yang mudah dikerjakan untuk pekerjaan lantai belum tentu akan mudah dikerjakan pada cetakan balok dengan penampang sempit serta mempunyai penulangan yang rapat.

Untuk mengetahui kinerja beton dengan cara dilakukan uji kuat tekan. Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 pada umur 28 hari

(Susanto, 2012). Untuk menghitung kuat tekan beton menggunakan perumusan sebagai berikut

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

- $f_c$  = Kuat tekan beton ( $kg/cm^2$ , MPa)
- P = Beban tekan maksimum (N, Kg)
- A = Luas penampang benda uji (cm, mm)

Beton merupakan bahan yang getas dan mempunyai kemampuan tegangan tarik yang rendah. Oleh sebab itu beton umumnya tidak diutamakan menahan beban tarik. Pada pelat atau balok semua gaya tarik dipikul oleh penulangan menggunakan material baja. Perbandingan kuat tekan beton dengan kuat tarik beton berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan kekuatan yang kecil dari kuat tariknya. Menurut perkiraan kasar kuat tarik berkisar antara 9%-15% terhadap kuat tekannya (Mulyono, 2007). Kuat tarik beton diketahui dengan cara uji kuat tarik belah, dan perhitungan menggunakan persamaan :

$$f_{ct} = \frac{2.P}{\pi.L.D} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- $f_{ct}$ =Kuat tekan tarik belah beton ( $kg/cm^2$ , MPa)
- P = Beban pada waktu belah (N)
- L = Panjang benda uji silinder (mm)
- D = Diameter benda uji silinder.

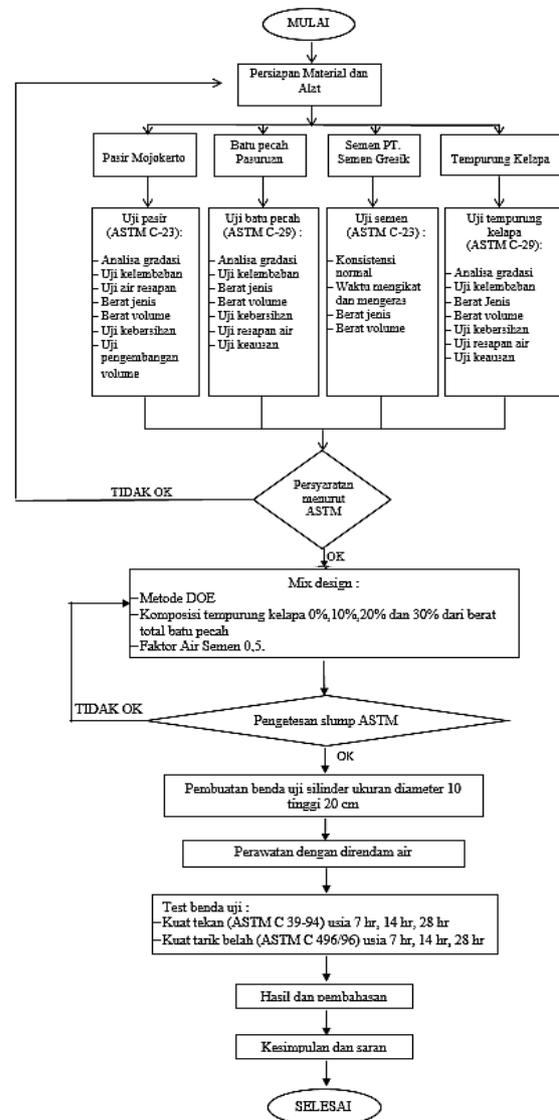
**2.2 Tempurung Kelapa**

Kelapa (*Cocos Nucifera L*) merupakan salah satu tumbuhan yang dimanfaatkan hampir semua bagian tubuhnya. Mulai dari akar, batang, buah, bunga, serta daunnya. Baik dari usia muda maupun usia tua dari tanaman kelapa ini dimanfaatkan bagian tubuhnya. Tanaman kelapa ini diperkirakan berasal dari pesisir Samudera Hindia, di sisi Asia. Namun kini telah menyebar luas di seluruh pantai tropika di dunia, termasuk Indonesia. Kelapa (*Cocos Nucifera L*) adalah anggota tunggal dalam marga Cocos dari suku Aren-arenan atau Arecaceae. Kelapa secara alami tumbuh di pantai, dan pohonnya mencapai ketinggian 30 meter. Kelapa dapat tumbuh hingga ketinggian 1.000 meter dari permukaan laut, namun seiring dengan meningkatnya ketinggian, ia akan mengalami pelambatan pertumbuhan (Suhardiono, 1995). Tempurung kelapa merupakan salah satu bagian dari buah kelapa yang memiliki material paling keras (Puspa Dewi, 2017). Berdasarkan hasil penelitian Deputy Riset Perwakilan Riset Kementerian Riset dan Teknologi Bidang Pemberdayaan dan Pembenahan Teknologi Nasional, dihitung jumlah limbah tempurung yang dihasilkan tanaman kelapa di Surabaya. Batok kelapa

menyumbang 15-19% dari total berat buah kelapa. Sebagai contoh, pada tahun 2006 limbah tempurung kelapa yang dihasilkan di Surabaya sekitar 146 ton, hingga saat ini petani kelapa belum memanfaatkannya secara maksimal (Senen, 2011). Jika diperoleh 146 ton limbah batok kelapa dalam satu tahun, maka jumlah limbah tempurung kelapa dalam sehari adalah 400 kg. Dari referensi diatas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan limbah tempurung kelapa mencukupi bila digunakan untuk keberlanjutan produksi beton.

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Langkah penelitian dilakukan dengan urutan seperti diagram alir yang ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

## SUBSTITUSI AGREGAT KASAR MENGGUNAKAN PECAHAN TEMPURUNG KELAPA PADA CAMPURAN BETON NORMAL

(Deni Irawan, Utari Khatulistiani)

Untuk merancang campuran beton, diperlukan data material yang akan digunakan pada campuran, guna mengetahui apakah kelayakan material sudah memenuhi. Oleh karena itu dilakukan uji terhadap material semen, pasir, batu pecah dan tempurung kelapa.

Limbah tempurung kelapa yang akan digunakan untuk campuran beton (Gambar 2) terlebih dahulu dilakukan proses pembersihan sebagai berikut :

1. Tempurung kelapa dibersihkan dari serat kelapa yang menempel pada tempurung kelapa.
2. Tempurung kelapa dipecahkan sampai berukuran 2-4 cm.
3. Tempurung kelapa dicuci dengan cara dibilas dengan air tawar.
4. Tempurung kelapa yang sudah dicuci dikeringkan dengan cara diangin-anginkan



**Gambar 2.** Limbah Tempurung Kelapa

Rancangan campuran beton digunakan metode DOE (*Departemen of Environtment*), dengan FAS = 0,5 dan slump rencana 60-100 mm. Tempurung kelapa yang digunakan sebagai agregat kasar, digunakan beberapa variasi, yaitu 0%, 10%, 20% dan 30% dari berat total agregat kasar.

Dari rancangan campuran (*Mix Design*) berdasarkan metode DOE didapat komposisi kebutuhan material semen, pasir, dan batu pecah yang akan dipakai dalam pembuatan benda uji seperti diuraikan pada Tabel 1. Benda uji digunakan silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm sebanyak 72 buah. Pembuatan satu kali adukan digunakan untuk mencetak benda uji berjumlah 18 buah dengan volume adukan =  $0,001570 \text{ m}^3 \times 18 \text{ benda uji} = 0,028 \text{ m}^3$ . Kebutuhan material untuk satu kali pengadukan seperti yang tertera pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Kebutuhan Material Untuk Campuran Beton  $0,028 \text{ m}^3$

No	Material	Berat
1	Semen	$10,36 \text{ kg/m}^3$
2	Pasir	$15,79 \text{ kg/m}^3$
3	Batu Pecah	$36,85 \text{ kg/m}^3$
4	Air	$5,19 \text{ lt/m}^3$

**Tabel 2.** Kebutuhan Material Untuk Satu Kali Pembuatan Campuran (18 Benda Uji)

% Tempurung Kelapa	Semen (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Tempurung kelapa (kg)	Air (liter)
0	10,36	15,79	36,85	-	5,19
10	10,36	15,79	33,16	3,68	5,19
20	10,36	15,79	29,48	7,37	5,19
30	10,36	15,79	25,8	11,05	5,19

### 3.1 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan beton menahan beban tekan yang di tandai dengan beton mengalami hancur. Prosedur uji kuat tekan sesuai ASTM C39-94. Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji usia 7, 14, dan 28 hari, Langkah-langkah pengujian adalah :

1. Benda uji silinder dikeluarkan terlebih dahulu dari bak rendaman dan di angin – anginkan.
2. Sebelum dilakukan pengetesan , benda uji tersebut di timbang beratnya terlebih dahulu.
3. *Set up* pengujian seperti ditampilkan pada Gambar 3. Benda uji silinder beton diposisikan vertikal dengan permukaan meja mesin alat uji tekan (*universal testing machine model torsee*). Kemudian diberikan tekanan pada silinder beton tersebut sampai terjadi retakan atau hancur pada pada bidang benda uji. Nilai kuat tekan beton dihitung.



**Gambar 3.** Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton

### 3.4 Uji Kuat Tarik Belah

Uji kuat tarik belah dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton agregat kasar tempurung kelapa dalam menahan gaya tarik. Pengujian dilakukan sesuai prosedur ASTM C496-96 dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Pemberian tanda pada benda uji. Tarik garis tengah pada setiap sisi ujung silinder

benda uji dengan peralatan bantu yang sesuai hingga dapat dipastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada pada bidang aksial yang sama.

2. Meletakkan benda uji pada posisi uji dengan berpedoman pada tanda garis tengah pada kedua ujung (Gambar 4).
3. Letakkan sebuah benda uji dari dua bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu pada tengah pelat menekan bagian bawah dari mesin.
4. Kemudian letakkan bantalan kayu lapis lainnya di atas benda uji.
5. Atur posisi yang tepat antara benda uji dan mesin.
6. Mulai pengujian dengan memberi beban tekan pada benda uji.



**Gambar 4.** Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

#### 4. HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

Berikut ini dilakukan analisa hasil uji slump, uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan beton. Dari analisa didapatkan parameter-parameter sebagai bahan pembahasan mengenai pengaruh penggunaan limbah tempurung kelapa sebagai bahan substitusi batu pecah terhadap sifat mekanis pada beton.

##### 4.1 Hasil Uji Material

Hasil uji semen diperoleh berat jenis semen rata-rata  $2,86 \text{ g/cm}^3$ . Menurut ASTM C-188 berat jenis semen berkisar antara 2,7-3,1. Berat volume semen diperoleh 1,5 kg/lit. Hasil uji konsistensi normal 32%, waktu mengikat diperoleh selama 120 menit dan waktu mengeras selama 210 menit. Hasil uji menunjukkan bahwa semen tipe I diproduksi PT. Semen Gresik memenuhi syarat untuk campuran beton.

Hasil uji pasir diperoleh bahwa pasir termasuk zona 1 dengan modulus kehalusan sebesar 2,7%. Modulus kehalusan agregat halus menurut SNI 0052-80 berkisar 1,5%-3,8%. Hasil pengujian analisa gradasi pasir tersebut

dapat memenuhi kriteria untuk bahan campuran beton. Sedangkan menurut standart ASTM C33-2003 modulus kehalusan agregat halus lebih besar dari pada yang ditetapkan. Berat volume pasir diperoleh 1,698 kg/lit, berat jenis  $2,27 \text{ kg/cm}^3$ , kelembaban 0,8%, resapan air 1,4%, dan kebersihan terhadap lumpur 2,2%. Hasil uji menunjukkan bahwa pasir sudah memenuhi persyaratan untuk digunakan pada campuran beton.

Hasil uji batu pecah diperoleh gradasi butiran termasuk zona 1 dengan modulus kehalusan sebesar 7,9%. Berat volume batu pecah diperoleh 1,3 kg/lit, berat jenis  $2,4 \text{ kg/cm}^3$ , kelembaban 2,6%, resapan air 3,6%, dan keausan 3,7%. Hasil uji menunjukkan bahwa batu pecah sudah memenuhi persyaratan untuk digunakan pada campuran beton.

Limbah tempurung kelapa juga dilakukan pengujian material dengan prosedur seperti yang dilakukan pada uji agregat kasar Hasil uji diperoleh gradasi butiran tempurung kelapa termasuk zona 1 dengan modulus kehalusan tempurung kelapa sebesar 8,17%. Berat volume tempurung kelapa diperoleh 0,37 kg/lit, berat jenis  $1,12 \text{ kg/cm}^3$ , kelembaban 3%, resapan air 4,3%, dan keausan 19,6%.

##### 4.2 Hasil Uji Slump

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui konsistensi adukan atau kekentalan adukan beton. Semakin besar nilai slump, maka semakin mudah tingkat pengerjaannya karena kandungan air didalam campuran beton semakin banyak, tetapi dengan syarat masih dalam batas slump rencana. Pengujian slump dilakukan pada saat beton segar, dituang sepertiga bagian dari tinggi kerucut *Abrams* yang kemudian dirojojk selama 25 kali, kemudian dituang 2/3 bagian kerucut *Abrams* dan dirojojk 25 kali, terakhir beton segar dituang ke dalam kerucut *Abrams* hingga penuh. Saat kerucut diangkat, beton segar akan terjadi keruntuhan. Kerucut *Abrams* diletakkan terbalik di samping adonan yang runtuh, dan alat rojok diletakkan di atas alat kerucut. Permukaan adukan beton yang runtuh diukur hingga batas alat rojok seperti Gambar 4. Hasil pengukuran adalah nilai slump yang diperoleh, dan bila sesuai dengan slump yang telah direncanakan, menunjukkan bahwa pembuatan campuran betontelah sesuai rencana.

## SUBSTITUSI AGREGAT KASAR MENGGUNAKAN PECAHAN TEMPURUNG KELAPA PADA CAMPURAN BETON NORMAL

(Deni Irawan, Utari Khatulistiani)



**Gambar 5.** Pengukuran Uji Slump

Hasil pengujian slump diperoleh seperti pada Tabel 3, menunjukkan nilai rata-rata hasil uji penurunan slump berada di antara slump rencana. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kekentalan yang terjadi pada beton segar sudah memenuhi syarat, dan campuran layak untuk digunakan.

**Tabel 3.** Hasil Uji Slump

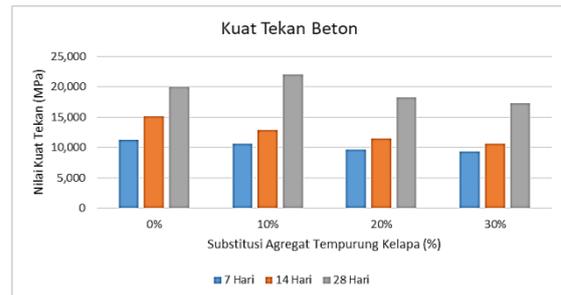
% Tempurung Kelapa	Slump Rencana (mm)	Hasil Slump (mm)	Keterangan
0 % (Normal)	60-180	80	OK
10 %	60-180	85	OK
20 %	60-180	85	OK
30 %	60-180	90	OK

### 4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Hasil uji kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 6. Dari hasil uji dapat diketahui bahwa beton dengan agregat kasar substitusi tempurung kelapa yang berumur 28 hari terjadi peningkatan kekuatan jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada usia 7 dan 14 hari. Beton dengan tempurung kelapa 10% mengalami peningkatan kuat tekan dari usia 14 hari ke usia 28 hari sekitar 1,5%. Peningkatan tersebut sangat signifikan dibandingkan beton normal (0% tempurung kelapa), beton tempurung kelapa 20%, dan 30% yang meningkat berturut-turut sebesar 1,25%, 1,47% dan 1,51%.

**Tabel 4.** Hasil Uji Kuat Tekan Beton Rata Rata

% Tempurung Kelapa	Kuat Tekan (MPa)		
	Usia 7 Hari	Usia 14 Hari	Usia 28 Hari
0%	11,253	15,839	19,915
10%	11,083	14,777	22,038
20%	10,106	12,739	18,769
30%	9,512	11,592	17,537



**Gambar 6.** Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran tempurung kelapa sebesar 10% dari berat agregat kasar menghasilkan nilai kuat tekan paling tinggi yaitu sebesar 22,038 MPa, lebih tinggi dari beton normal (0% tempurung kelapa) yaitu 20,764 MPa, atau lebih tinggi sekitar 1,11%. Tempurung kelapa 10% yang disubstitusikan dalam campuran beton menghasilkan nilai kuat tekan optimum.

Beton dengan campuran substitusi tempurung kelapa 20% dan 30% menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih rendah dibanding tempurung kelapa 10% dan beton normal. Hal ini disebabkan kekuatan tempurung kelapa tidak sebaik batu pecah yang diketahui dari hasil uji keausan material tempurung kelapa yang lebih rendah dibandingkan dengan batu pecah. Kehancuran benda uji beton agregat kasar tempurung kelapa yang telah diuji kuat tekan seperti ditampilkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Benda Uji Setelah Diuji Kuat Tekan

### 4.4 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

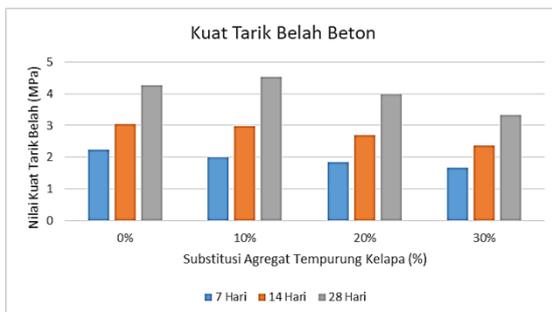
Untuk mengetahui kemampuan terhadap gaya tarik dari beton dengan sebagian agregat kasar menggunakan tempurung kelapa dilakukan uji kuat tarik belah. Hasil uji seperti ditampilkan pada Tabel 5 dan Gambar 8 dapat diketahui bahwa beton dengan agregat kasar substitusi tempurung kelapa yang berumur 28 hari terjadi peningkatan kuat tarik belah dibandingkan dengan nilai kuat tarik belah pada usia 7 dan 14 hari. Beton dengan tempurung kelapa 10%

mengalami peningkatan kekuatan tarik belah sangat signifikan dari usia 14 hari ke usia 28 hari, yaitu 1,52%, lebih tinggi dibanding beton normal (0% tempurung kelapa), beton tempurung kelapa 20% dan 30% berturut-turut meningkat sekitar 1,41%, 1,39%, dan 1,47%.

Hasil uji kuat tarik belah beton juga menghasilkan nilai tertinggi pada beton dengan agregat kasar substitusi tempurung kelapa sebesar 10%, yaitu 4,53 MPa, lebih tinggi dari kuat tarik belah beton normal (0% tempurung kelapa) yaitu 4,26 MPa atau lebih tinggi sekitar 1,06% dibanding beton normal. Campuran tempurung kelapa yang disubstitusikan dalam campuran beton sebesar 10% menghasilkan nilai kuat tarik belah optimum. Prosentase tempurung kelapa di atas 10% menghasilkan nilai kuat tarik belah lebih rendah dari beton normal.

**Tabel 5.** Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Rata Rata

% Tempurung Kelapa	Kuat Tarik Belah (MPa)		
	Usia 7 Hari	Usia 14 Hari	Usia 28 Hari
0%	2,32	3,05	4,26
10%	2	2,97	4,53
20%	1,84	2,7	3,99
30%	1,67	2,36	3,32



**Gambar 8.** Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Gambar 9 menampilkan benda uji silinder yang dibuka setelah diuji kuat tarik belah. Tampak tempurung kelapa menyatu dan saling mengisi diantara agregat menunjukkan bahwa tempurung kelapa dapat berfungsi dengan baik sebagai material agregat kasar.



**Gambar 9.** Benda Uji Setelah Diuji Kuat Tarik Belah

#### 4.5 Hubungan Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Kuat Tekan Beton

Beton memiliki kelemahan secara struktural yaitu kemampuan menahan gaya tarik yang rendah sekitar 9% - 15% dari kuat tekannya. Nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. (Istimawan Dipohusodo,1996).

Hubungan kuat tarik belah beton terhadap kuat tekan diambil dari data uji umur 28 hari seperti ditampilkan pada Tabel 6 dan Gambar 10. Diketahui bahwa beton dengan substitusi tempurung kelapa 10% diperoleh nilai kuat tarik belah sebesar 20,56% terhadap nilai kuat tekan 20% tempurung kelapa.

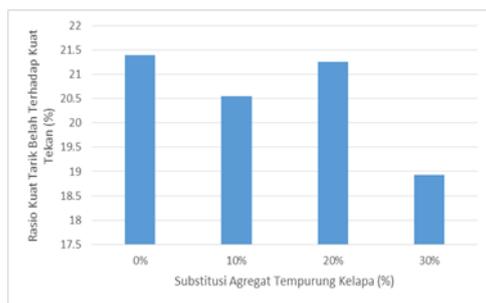
Beton tempurung kelapa 20% memiliki perbandingan nilai kuat tarik belah sebesar 21,26% terhadap kuat tekannya, dan merupakan nilai tertinggi. Nilai kuat tarik yang dihasilkan beton tempurung kelapa rata-rata sekitar 20% dari nilai kuat tekannya, menunjukkan bahwa tempurung kelapa mampu meningkatkan ketahanan terhadap gaya tarik.

**Tabel 6.** Rasio Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Kuat Tekan Beton

% Tempurung Kelapa	Nilai Kuat Tekan (MPa)	Nilai Kuat Tarik Belah (MPa)	Rasio Kuat Tarik Belah Terhadap Kuat Tekan Beton (%)
0%	19.92	4.26	21.39
10%	22.04	4.53	20.56
20%	18.77	3.99	21.26
30%	17.54	3.32	18.93

# SUBSTITUSI AGREGAT KASAR MENGGUNAKAN PECAHAN TEMPURUNG KELAPA PADA CAMPURAN BETON NORMAL

(Deni Irawan, Utari Khatulistiani)



**Gambar 10.** Rasio Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Kuat Tekan Beton

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari data dan penelitian diperoleh data – data dan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari diperoleh kuat tekan beton agregat kasar tempurung kelapa 10% mendapatkan nilai kuat tekan paling tinggi, dan lebih tinggi 1,11% dari beton normal.
2. Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 28 hari diperoleh kuat tarik belah beton agregat kasar tempurung kelapa 10% mendapatkan nilai kuat tarik belah paling tinggi, dan lebih tinggi 1,06% dari beton normal.
3. Penggunaan tempurung kelapa sebagai substitusi agregat kasar sebesar 10% dari berat agregat kasar menghasilkan kekuatan tertinggi pada kuat tekan dan tarik belah.

### 5.2 Saran

Dari penelitian yang dilakukan serta pembahasan yang telah diuraikan, untuk penelitian yang dimasa akan datang, penyusun memberikan saran yaitu :

1. Hendaknya para peneliti selanjutnya dapat meneliti tentang hal yang sama tetapi dengan prosentase substitusi antara tempurung kelapa dan batu pecah pada perencanaan beton mutu normal dengan prosentase dibawah 10%.
2. Diharapkan dimasa yang akan datang ada penelitian terkait tempurung kelapa terhadap pengaruh penggunaan tempurung kelapa pada beton mutu tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

ASTM, 1995, Standart Test Method for Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimen – ASTM.C.684. Annual Books of ASTM Standart 1995 : Concrete and Aggregate, Vol.04.02

Contructions. Philadelphia-USA : ASTM, p.346-352.

ASTM., 2004, American Standard Testing Materials.

Daniel, M. P., 2015, Hubungan Kuat Tarik Belah Dengan Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Crumb Rubber Dan Pecahan Genteng, *Rekayasa Sipil Vol 4 No 2*, hal. 76-88.

Dewi, Atika Puspa., 2017, Pengelolaan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Aksesori Sanggul, Universitas Negeri Semarang, Semarang.

Dwinita, L., Achmad Syarif, Dewi Pugersari, 2013, Eksperimen Pengembangan Produk Fungsional Bernilai Komersial Berbahan Baku Tempurung Kelapa Berusia Muda dengan Teknik Pelunakan, *Institut Teknologi Bandung Journal of Visual Art & Desain*, Vol. 5, No. 1, hal 74-91.

Esmar, B., 2011, Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar, *Jurnal Penelitian Sains Vol. 14, No. 4(B)*.

Fahmi, R., Abing D. S., Gunawan, Y., 2012, Perancangan Beton Kekuatan K-250 Dengan Bahan Pasir Cidadap Karangpawitan Kabupaten Garut, *Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut*.

Firdaus, M. S., dan Andaryati 2019, Pengaruh Penggunaan Cangkang Kerang Simpson (Moluska Bivalvia Pectinidae) Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Normal, *Jurnal Axial*, Vol. 7, No. 3, hal. 197-206.

Fitri Yane P., Muhammad Bukhori D., Joko Suharianto, 2018, Peningkatan Pendapatan Masyarakat Desa Sei Kepayang Tengah Melalui Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa, *Jurnal Widya Laksana Vol. 7 No. 1*.

Harjono, I., 1997, Teknik Pengembangan Kelapa Kopyor, Solo: CV Penebar Swadaya.

Istimawan Dipohusodo, 1996, Struktur Beton Bertulang. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Neville, I. N., 1996, Properties of Concrete, 3<sup>rd</sup> edition, Pitman LTD, London. UK.

Permana, D. Y., 2009, Pemanfaatan Limbah Marmer (Menir) tulung Agung Sebagai Pengganti Agregat Halus Beton Ditinjau Dari Sifat Mekanik dan Biaya, *Teknik Sipil. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya*.

- Prayitno Andi, 2013, Pemanfaatan Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Fiber Dalam Campuran Adukan Beton, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Solo.
- Senen Machmud, 2011, Kajian Ekonomis Industri Briket Tempurung Kelapa, Jurnal Ekonomi, Bisnis & Entrepreneurship, Jilid 5, hal. 45-51.
- SNI, 1972:2008, Cara Uji Slump Beton.
- Susanto, 2012, Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Pengganti Agregat Kasar Beton, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Solo.
- Tri Mulyono, 2007, Kapur Sebagai Bahan Tambah Untuk Beton Normal, Menara:Jurnal Teknik Sipil Vol. 2, No. 1.
- Suhadiono, L. 1995, Tanaman Kelapa, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Utomo, A. T. 2020, Pengaruh Penggunaan Limbah Tulang Sapi Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Beton Normal. Teknik Sipil. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya.
- Yufiter Silas Kandi, Ruslan Ramang Remigildus Cornelis, 2012, Substitusi Agregat Halus Beton Menggunakan Kapur Alam Dan Menggunakan Pasir Laut Pada Campuran, Jurnal Teknik Sipil Vol. 1, No. 4, hal. 74-86.

**SUBSTITUSI AGREGAT KASAR MENGGUNAKAN PECAHAN  
TEMPURUNG KELAPA PADA CAMPURAN BETON NORMAL**

(Deni Irawan, Utari Khatulistiani)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan