

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP NILAI KUAT TARIK LENTUR BETON

George W. Y. Tumbel

Servie O. Dapas, Mielke R. I. A. J. Mondoringin

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: Georgetumbel1997@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang pesat menyebabkan pembangunan infrastruktur juga berkembang dengan cepat, sehingga pemakaian beton pun meningkat. Semen Portland (SP) sebagai salah satu bahan dasar pembuat beton dalam proses produksinya menghasilkan gas emisi karbondioksida (CO_2) yang berdampak negatif bagi lingkungan dan manusia. Limbah cangkang telur yang melimpah bisa dibuat menjadi bahan alternatif pengganti semen karena dalam kandungan cangkang telur ayam memiliki senyawa yang sama dengan bahan pembentuk semen yakni kalsiumkarbonat.

Penelitian ini menggunakan Metode ACI 211.1-91 untuk perhitungan komposisi campuran beton. Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm, sedang untuk pengujian kuat tarik lentur menggunakan benda uji ukuran 100x100x400 mm. Jumlah serbuk cangkang telur ayam yang digunakan sebesar 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%.

Hasil penelitian beton dengan substitusi parsial semen menggunakan serbuk cangkang telur menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terdapat pada presentase SCT 5%, yaitu sebesar 22.15 MPa dan kuat tarik lentur optimum terdapat pada presentase SCT 2.5%, yaitu sebesar 5.57 MPa.

Kata Kunci: Beton, Kuat Tarik Lentur, Cangkang Telur Ayam.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan teknologi di zaman ini yang semakin pesat membuat pembangunan infrastruktur juga berkembang. Beton merupakan bahan konstruksi yang sangat penting dalam pembangunan sehingga penggunaan beton banyak digunakan oleh para insinyur teknik sipil karena memiliki banyak kelebihan seperti; bahan-bahan yang digunakan banyak tersedia di alam, mudah dikerjakan dengan cara mencampur Semen Portland (SP), agregat kasar, agregat halus dan air.

Dalam penggunaan beton konvensional yang semakin banyak diiringi juga dengan permasalahan yang timbul seperti penggunaan semen yang begitu banyak yang dapat berpengaruh pada lingkungan. Dalam proses produksi semen banyak menghasilkan gas karbondioksida yang dapat meningkatkan pemanasan global.

Untuk mengatasi hal-hal di atas maka perlu ada penelitian tentang beton yang ramah lingkungan. Salah satu bahan alternatif yang bisa digunakan adalah limbah cangkang telur

ayam yang diolah menjadi bubuk cangkang telur untuk substitusi semen.

Limbah cangkang telur ayam mempunyai kuantitas cukup besar karena telur ayam banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari baik untuk pangan dan kuliner. Sehingga limbah cangkang telur begitu banyak dan belum ada pemanfaatan dari limbah tersebut. Limbah cangkang telur ayam yang memiliki kandungan kalsium karbonat dimana yang diketahui bahwa salah satu bahan penyusun Semen Portland (SP) adalah kalsium karbonat.

Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: "Bagaimana pengaruh substitusi serbuk cangkang telur ayam dengan semen terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur?"

Batasan Masalah

Untuk memudahkan dan memperjelas permasalahan dalam menganalisis, maka perlu adanya batasan-batasan permasalahan. Adapun pembatasan permasalahan meliputi:

- 1) Semen yang digunakan merupakan semen portland.

- 2) Agregat halus dari Girian.
- 3) Agregat kasar (batu pecah) dari Lansot, Kema.
- 4) Air yang digunakan dari Sumur Bor Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- 5) Limbah cangkang telur dipakai dari limbah industri rumah tangga.
- 6) Perhitungan komposisi campuran beton sesuai metode ACI 211.1.91
- 7) Mutu beton yang direncanakan adalah 25 MPa.
- 8) Pengaruh suhu udara dan faktor lainnya diabaikan.
- 9) Pengujian dilakukan saat umur beton 28 hari.
- 10) Variasisubstitusi bubuk cangkang telur 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, diambil dari penelitian Tara (2018).
- 11) Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk cangkang telur ayam sebagai substitusi parsial semen dengan variasi presentase berbeda terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur.

Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

- 1) Bahan referensi untuk mengetahui pengaruh substitusi serbuk cangkang telur dengan semen
- 2) Penelitian ini bisa memberikan informasi dalam pemanfaatan serbuk cangkang telur sebagai bahan alternatif pengganti semen.
- 3) Sebagai salah satu referensi bagi masyarakat tentang beton ramah lingkungan.

LANDASAN TEORI

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai

campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (*SNI 03-2847-2002*).

Serbuk cangkang telur ayam

Di Indonesia produksi kulit telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang peternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan. Menurut data Direktorat Jenderal Peternakan (2018), produksi telur di Sulawesi Utara dan Indonesia tahun 2018, masing-masing sebesar 10.865 ton dan 2.561.481 ton.

Tabel 1. Kandungan Cangkang Telur

Mineral	% dari berat total	g/berat total
Kalsium (Ca)	37,30	2,30
Magnesium (Mg)	0,38	0,02
Fosfor (P)	0,35	0,02
Karbonat (CO3)	58,00	3,50
Mangan (Mn)	7	ppm

Sumber : Yuwanta (2010)



Gambar 1. Cangkang Telur

Berat volume beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton dipengaruhi oleh bentuk agregat, gradasi agregat, berat jenis agregat, ukuran maksimum agregat, karena berat volume beton tergantung pada berat volume agregat. Berat volume beton ini semuanya berada dalam keadaan kering udara. Berat volume dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\gamma_c = \frac{W}{V} \text{ (kg/m}^3 \text{)} \tag{1}$$

dimana:

- γ_c = Berat Volume Beton (kg/m³)
- W = Berat Benda Uji (kg)
- V = Volume Beton (m³)

Tabel 2. Klasifikasi Berat Volume Beton

Jenis Beton	Berat Volume Beton (kg/m ³)
Beton Ultra Ringan	300-11000
Beton Ringan	1100-1600
Beton Ringan Struktural	1450-1900
Beton Normal	2100-2550
Beton Berat	2900-6100

Sumber: (ACI, 1993)

Kekuatan tekan beton

Kekuatan tekan beton didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi dalam benda uji pada pemberian beban hingga benda uji tersebut hancur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur.

Nilai kuat tekan beton dihitung dengan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

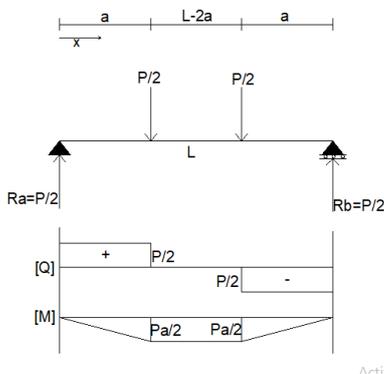
dimana:

- f'c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas Penampang (mm²)

Kuat tarik lentur beton

Kuat tarik adalah ukuran kuat beton yang diakibatkan oleh suatu gaya yang cenderung untuk memisahkan sebagian beton akibat tarikan. Kuat tarik juga merupakan bagian penting didalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu. Pengujian kuat tarik biasanya diadakan untuk pembuatan konstruksi jalan raya dan lapangan terbang (Murdock dan Brook, 1991).

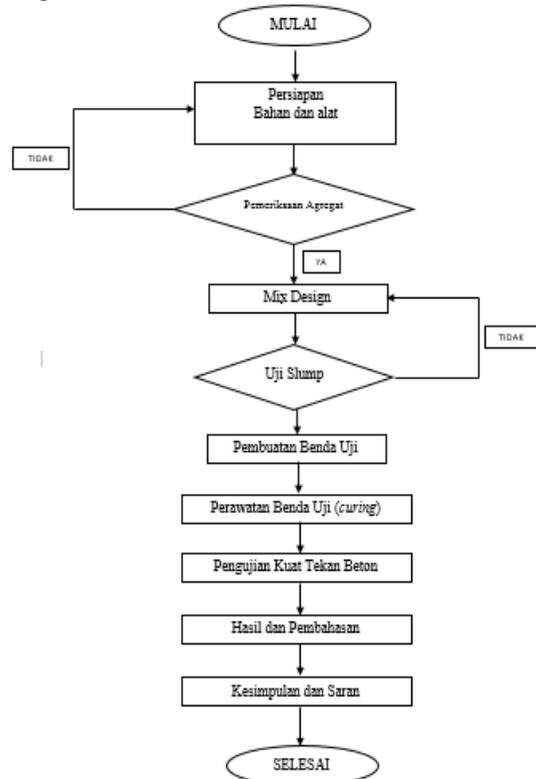
Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok yang diletakan pada kedua perletakan untuk menahan gaya tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 4431:2011).



Gambar 2. Model Pembebanan Tarik Lentur

METODOLOGI PENELLITIAN

Bagan Alir Metode Penelitian :



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Beton

Berdasarkan hasil yang didapat dari pemeriksaan material untuk mix design menurut ACI 211.1 – 91 dengan FAS 0,55 (nilai FAS ditetapkan dari beberapa kali trial mix design) dibutuhkan komposisi campuran beton sebagai berikut:

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton Per m³

Pengecoran ke -	Presentase Serbuk Cangkang Telur	Air (kg)	Ag Kasar (kg)	Ag Halus (kg)	Semen (kg)	SCT (kg)
1	0%	4.21	16.88	14.89	7.47	0
2	2.5%				7.29	0.19
3	5%				7.10	0.37
4	7.5%				6.91	0.56
5	10%				6.73	0.75

Sumber: Hasil Penelitian

Pemeriksaan nilai slump

Pemeriksaan nilai slump dilakukan untuk mengetahui workabilitas dari campuran beton. Pemeriksaan nilai slump dilakukan pada masing-masing campuran. Nilai slump dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Nilai *Slump*

Persentase SCT	Slump (mm)
0%	95
2.50%	80
5%	85
7.50%	90
10%	85

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4 nilai *slump* yang didapatkan setiap kali pengecoran pada masing-masing campuran sesuai dengan nilai *slump* yang ditetapkan yaitu 75-100 mm. Setiap campuran dengan dan tanpa substitusi serbuk cangkang telur bisa diterapkan karena memiliki *workability* yang baik.

Pemeriksaan Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara betar beton (berat benda uji) dengan volume beton (volume benda uji). Hasil dari perhitungan berat volume beton adalah berat volume rata-rata beton pada umur 1 hari, dapat dilihat pada tabel 5 dan 6

Tabel 5. Rata-rata Berat Volume Beton Benda Uji Silinder

Persentase SCT (%)	Berat Volume (Kg/m ³)
0%	2201,70
2,5%	2099,79
5%	2095,54
7,5%	2084,93
10%	2093,42

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 6. Rata-rata Berat Volume Beton Benda Uji Balok

Persentase SCT (%)	Berat Volume (Kg/m ³)
0%	5806,79
2,5%	5615,71
5%	5611,46
7,5%	5562,63
10%	5541,40

Sumber: Hasil Penelitian

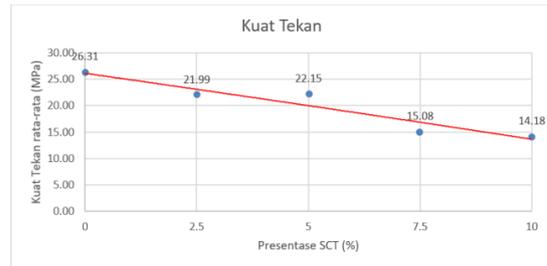
Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Setelah di rendam selama 28 hari maka dilakukan pengujian kuat tekan dengan jumlah sampel 15 silinder dimensi 100 x 200 mm.

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Umur 28 hari

Persentase SCT (%)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
0	26.31
2.5	21.99
5	22.15
7.5	15.08
10	14.18

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4. Grafik kuat tekan rata-rata beton umur 28 hari

Berdasarkan hasil pemeriksaan , nilai kuat tekan beton terbesar terdapat pada persentase 0% yaitu sebesar 26.31 MPa dan untuk beton dengan campuran serbuk cangkang telur kuat tekan beton terbesar terdapat pada persentase 5%, yaitu sebesar 22.15 MPa.

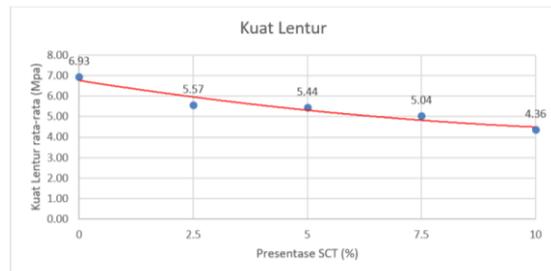
Pemeriksaan Kuat Tarik Lentur Beton

Setelah di rendam selama 28 hari maka dilakukan pengujian kuat tarik lentur dengan jumlah sampel 15 balok dimensi 100 x 100 x 400 mm.

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tarik Lentur Beton Umur 28 hari

Persentase SCT (%)	Kuat Tarik Lentur rata-rata (MPa)
0	6.93
2.5	5.57
5	5.44
7.5	5.04
10	4.36

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5 Grafik kuat tarik lentur rata-rata beton umur 28 hari

Berdasarkan hasil pemeriksaan nilai kuat tarik lentur beton terbesar terdapat pada presentase 0% yaitu sebesar 6.93 MPa dan untuk beton dengan campuran serbuk cangkang telur pada presentase 2.5% yaitu sebesar 5.57 MPa.

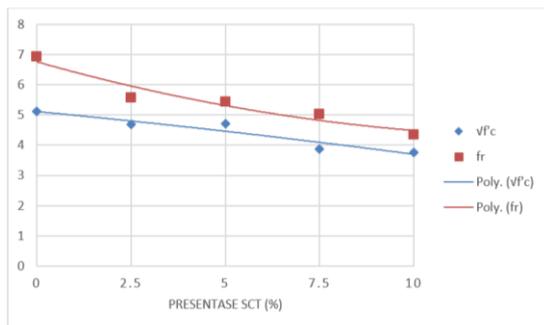
Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik lentur Beton

Hubungan kuat tekan dan kuat tarik lentur pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.

Tabel 9. Hubungan kuat tekan dan kuat tarik lentur beton

Presentase SCT (%)	f _c (Mpa)	f _r (Mpa)	Perbandingan	
			$\sqrt{f_c}$	f _r / $\sqrt{f_c}$
0	26.31	6.93	5.129003	1.35179
2.5	21.99	5.57	4.68935	1.188509
5	22.15	5.44	4.706379	1.155878
7.5	15.08	5.04	3.883727	1.297723
10	14.18	4.36	3.765191	1.157976

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 6. Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur

Berdasarkan tabel dan gambar diatas, nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik lentur

terbesar terdapat pada campuran serbuk cangkang telur yang sama yaitu 0%. Perbandingan nilai kuat tarik lentur terhadap kuat tekan beton adalah berkisar 1,15 - 1,35.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk mendapatkan nilai slump 75-100mm pada setiap penambahan presentase serbuk cangkang telur perlu penambahan air (FAS aktual) sehingga beton memiliki *workability* yang baik.
- Nilai kuat tekan campuran beton serbuk cangkang telur mengalami penurunan berkisar pada 15.81- 46.10 % dari beton normal.
- Nilai kuat tarik lentur campuran beton serbuk cangkang telur mengalami penurunan berkisar pada 19.62-37.09 % dari beton normal.
- Nilai perbandingan kuat tarik lentur (f_r) terhadap akar kuadrat kuat tekan ($\sqrt{f_c}$) yang didapat berkisar pada 1.15-1.35.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang perlu diperhatikan: Dalam pengolahan cangkang telur ayam menjadi serbuk cangkang telur perlu adanya perlakuan khusus agar cangkang telur lebih halus sehingga dapat menyatu dengan campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

ACI 211.1-91. 2002. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. Amerika.

Badan Standarisasi Nasional, SNI 4431:2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional, SNI 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional, SNI 2847:2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2018. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2018*. Jakarta.

Murdock, L. J., K. M. Brook, 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, alih bahasa oleh Stephanus Hendarko

Nurlina, Siti., 2008. *Teknologi Bahan*. Bargie Media, Malang.

Tara Jeky., 2018. *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kulit Telur Ayam RAS untuk Mereduksi Pemakaian Semen pada Campuran Beton*. Volume 4, Nomor 1, Januari 2018. Universitas Palangkaraya

Yuwanta, T., 2010. *Telur dan Kualitas Telur*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.