

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

Yosefa Flaviana Zynthia Dewi
Hieryco Manalip, Reky S. Windah

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado
Email: sefaplapiana@gmail.com

ABSTRAK

Dunia konstruksi telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Semakin tingginya kebutuhan akan pembangunan infrastruktur, penyerapan energi untuk mendukung aktivitas tersebut tentunya akan semakin besar. Di lain pihak permintaan akan material terus meningkat, sehingga perlu dicoba untuk menggunakan material alternatif. Salah satu contoh yaitu memanfaatkan limbah yang sudah terbuang sebagai material konstruksi yang ramah lingkungan, misalnya menggunakan limbah cangkang telur.

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan beton untuk material konstruksi struktural dengan bahan baku yang terdiri dari serbuk cangkang telur (SCT), semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Variasi komposisi SCT adalah: 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% dari total penggunaan semen. Pengujian dilakukan ketika beton berumur 28 hari. Sampel benda uji berbentuk silinder dengan dimensi tinggi (H) 200 mm dan diameter (D) 100 mm.

Dari hasil penelitian, beton dengan substitusi parsial semen dengan menggunakan serbuk cangkang telur menunjukkan bahwa kuat tekan terbesar terdapat pada presentase SCT 2.5%, yaitu sebesar 23.94 MPa dan kuat tarik belah terbesar terdapat pada presentase SCT 2.5%, yaitu sebesar 2.78 MPa.

Kata Kunci: Serbuk Cangkang Telur (SCT), Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton pada umumnya terdiri dari campuran semen Portland dan air sebagai pengikat serta agregat yang terdiri dari agregat halus(pasir) dan agregat kasar(kerikil). Seperti diketahui bahwa produksi semen Portland sedang disorot karena emisi karbon dioksida yang tinggi. Semen Portland konvensional diproduksi dengan menghaluskan kalsium silika yang bersifat hidrolisis dan dicampur dengan bahan gipsum. Proses pembakaran (kalsinasi) pada tungku (*kiln*) akan menghasilkan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil sampingan pembakaran yang dapat menimbulkan *green house effect* (efek rumah kaca) dan peningkatan suhu bumi.

Selain itu, ketersediaan material alam untuk konstruksi sangatlah terbatas. Di lain pihak permintaan akan material tersebut terus meningkat, sehingga perlu dicoba untuk menggunakan material alternatif seperti memanfaatkan limbah yang sudah terbuang sebagai material konstruksi yang ramah lingkungan diantaranya limbah industri,

konstruksi, pertanian maupun rumah tangga yang dibiarkan begitu saja. Salah satu limbah yang bisa digunakan dalam pembuatan beton ini ialah cangkang telur (Tumbel, dkk, 2020).

Menurut data Direktorat Jenderal Peternakan (2018), produksi telur di Indonesia tahun 2018 mencapai 2.561.481 ton atau setara 213.457 ton per bulannya. Produksi cangkang telur tersebut akan terus melimpah selama telur diproduksi dibidang peternakan. Menurut Stadelman dan Cotteril (1973), komposisi dari cangkang telur adalah 98,2% kalsium karbonat, 0,9% magnesium dan 0,9% fosfor. Hunton (2005) melaporkan bahwa cangkang telur terdiri atas 97% kalsium karbonat. Rerata dari cangkang telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, kalium, natrium, seng, mangan, besi dan tembaga. (Butcher dan Miles, 1990).

Komposisi kimia semen portland pada umumnya terdiri dari kapur, silika, aluminium oksida, besi (III) oksida dan kalsium karbonat yang merupakan oksida dominan. Sedangkan oksida lain yang jumlahnya hanya beberapa persen dari berat semen adalah magnesium oksida, sulfur trioksida, natrium oksida dan

kalium oksida. Serbuk cangkang telur memiliki beberapa kandungan senyawa yang sama dengan semen Portland. Senyawa tersebut yaitu magnesium, besi dan kalsium karbonat.

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode uji tarik belah yaitu pembelahan silinder oleh suatu desakan ke arah diameternya untuk mendapatkan kuat tarik belah itu sendiri, yang akan memberikan gambaran mengenai pengaruh dimensi benda uji terhadap tegangan Tarik.

Rumusan Masalah

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

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang ada dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan merupakan semen Portland biasa jenis 1 dengan merk Tiga Roda.
2. Air yang digunakan dari Sumur Bor Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
3. Agregat halus dari Girian.
4. Agregat kasar (batu pecah) dari Lansot, Kema.
5. Bahan tambah terbuat dari serbuk cangkang telur.
6. Penggunaan limbah serbuk cangkang telur sebagai bahan tambah pada beton dengan presentase 0%,2.5%,5%,7.5%,10% dari berat semen.
7. Mutu beton yang direncanakan sebesar 25 MPa.
8. Perencanaan campuran beton metode modifikasi ACI 211.1– 91.
9. Penelitian dilakukan dalam bentuk skala penelitian.
10. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain diabaikan.
11. Umur benda uji adalah 28 hari.
12. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh serbuk cangkang telur sebagai substitusi semen terhadap kuat tarik belah beton.
2. Mengetahui perbandingan kuat tarik belah beton normal dengan kuat tarik belah beton yang telah di campur serbuk cangkang telur.

Manfaat Penelitian

1. Dari hasil penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi tentang penambahan serbuk cangkang telur terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Dengan adanya penambahan serbuk cangkang telur diharapkan dapat menjadi bahan tambah yang bermanfaat untuk perkembangan teknologi beton kedepannya karena memiliki nilai ekonomis, mudah diperoleh dan harganya relatif lebih murah.
3. Untuk menerapkan beton ramah lingkungan dari pemanfaatan limbah rumah tangga yaitu menggunakan serbuk cangkang telur.
4. Untuk meminimalkan penggunaan semen sehingga efek negatif dari produksi semen seperti green house effect dan peningkatan suhu bumi bisa menurun.

LANDASAN TEORI

Beton

Beton adalah campuran agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan pengisi, yang ditambah semen dan air yang digunakan sebagai bahan pengikat dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture*). Beton memiliki daya tahan yang sangat baik terhadap air, daya tahan ini telah terbukti pada penggunaan beton untuk konstruksi bangunan air. Pengembangan beton sudah sedemikian pesat, dari material yang hanya terdiri dari air, semen, pasir dan kerikil sampai penggunaan bahan lain yang meningkatkan kinerja beton.

Bahan Tambah Serbuk Cangkang Telur

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.



Gambar 1. Cangkang Telur Ayam Ras

Tabel 1. Komposisi 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 (CO ₃)	58,00	3,50
Mangan (Mn)	7	ppm

Sumber: Yuwanta (2010)

Karakteristik Beton

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:

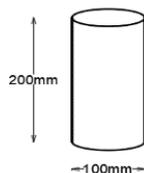
$$\gamma_c = \frac{W}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

dimana:

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

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur.



Gambar 2. Benda Uji

Perhitungan nilai kuat tekan beton didasarkan pada SNI 1974:2011 dengan rumus:

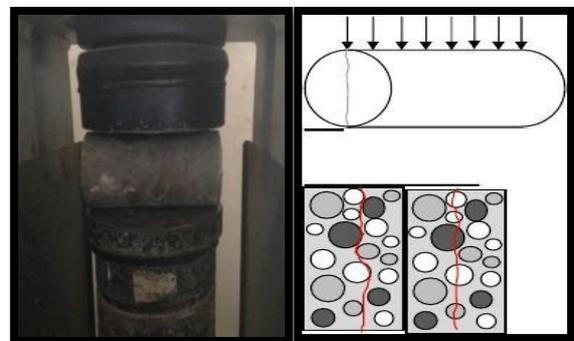
$$f'_c = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2)$$

dimana:

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

Kuat Tarik Belah Beton

Kekuatan tarik belah beton dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan percobaan belah silinder (*the split cylinder*) dimana silinder ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm diberikan beban tegak lurus terhadap sumbu longitudinalnya dengan silinder ditempatkan secara horizontal diatas pelat mesin percobaan, benda uji terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik. Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton dan kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Ferguson, 1986).



Gambar 3. Pengujian dan pola retak

Menurut SNI 2491-2014 besarnya tegangan tarik beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_{sp} = \frac{2P}{\pi LD} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3)$$

dimana:

- f'_{sp} = Kuat Tarik Belah (N/mm²)
- P = Beban maksimum pada waktu belah (N)
- L = Panjang Benda Uji Silinder (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)

METODOLOGI PENELITIAN

Dimensi Benda Uji

Pada penelitian ini memakai benda uji penampang silinder 100 mm x 200 mm. Dalam penelitian ini jumlah keseluruhan benda uji yang dibuat sebanyak 40 buah dan dilakukan penamaan pada benda uji, dimana pada pengujian kuat tekan dibuat 20 benda uji dan pada pengujian kuat tarik belah dibuat 20 benda uji.

Mix Design

Pada tahap ini digunakan *mix design* dengan metode modifikasi ACI 211.1 – 91 dengan mutu $f_c = 25$ MPa. Persentase serbuk cangkang telur diambil dari berat total semen dengan persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat total benda uji silinder.

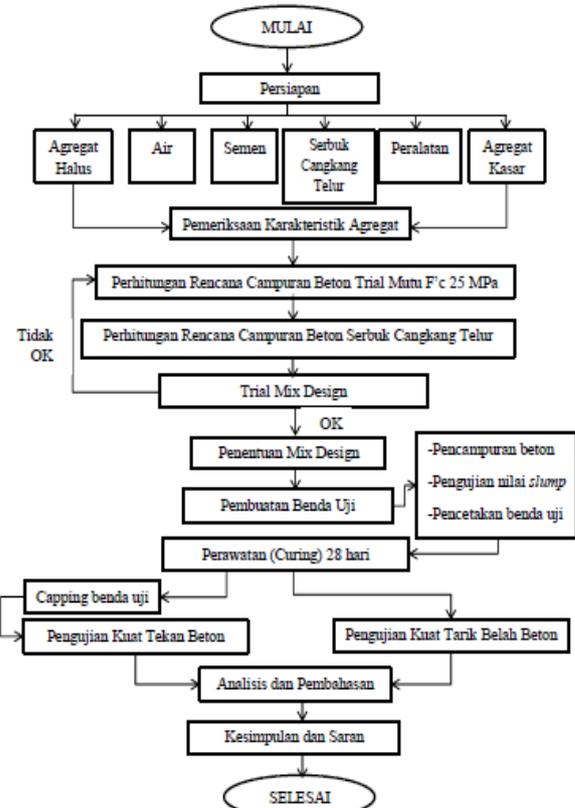
Langkah-langkah penelitian:

1. Tahapan penelitian yang pertama dilakukan yaitu persiapan peralatan dan persiapan material agregat kasar, agregat halus, semen, dan serbuk cangkang telur. Selanjutnya pada tahap kedua agregat kasar dan agregat halus dilakukan pemeriksaan sesuai dengan aturan ASTM dan SNI.
2. Tahap selanjutnya yaitu perhitungan perencanaan campuran beton trial dengan metode modifikasi ACI 211.1 – 91. Setelah didapatkan komposisi campuran beton normal selanjutnya dilakukan perhitungan persentase serbuk cangkang telur terhadap berat total semen benda uji silinder.
3. Selanjutnya dilakukan pencampuran beton dengan mencampurkan batu pecah, pasir, dan semen secara bertahap ke dalam molen.
4. Berikutnya serbuk cangkang telur lalu dicampurkan secara bertahap ke dalam molen. Penaburan serbuk cangkang telur dilakukan dengan hati-hati dan diusahakan agar serbuk tersebar merata di dalam adukan beton sehingga tidak terjadi penggumpalan yang dapat mempengaruhi kekuatan beton. Persentase serbuk cangkang telur yang ditambahkan sesuai dengan yang telah ditentukan yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10 % dari berat total semen benda uji silinder.
5. Selanjutnya air dimasukkan ke dalam molen dan biarkan molen terus mencampur tunggu sampai 5 menit dan lakukan *slump test*. Setelah memenuhi syarat *slump* yang

ditentukan, campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.

6. Cetakan silinder dilapisi oli cetakan terlebih dahulu agar tidak ada sisa dari beton segar yang menempel pada cetakan silinder sehingga ketika dilakukan demolding tidak terjadi kerusakan pada benda uji.
7. Beton segar lalu dituangkan ke dalam cetakan silinder lalu dirojak dengan menggunakan batangan besi hingga penuh. Cetakan dibiarkan selama sehari, lalu keesokan harinya cetakan dilepas dan benda uji dilakukan pengujian berat volume, selanjutnya benda uji di curing selama 28 hari di kolam curing.
8. Setelah 28 hari benda uji diangkat, dikeringkan dan dilakukan capping pada benda uji kuat tekan selanjutnya dilakukan pengujian pada benda uji kuat tekan dan kuat tarik belah.
9. Setelah dilakukan pengujian selanjutnya masuk dalam proses analisa dan yang terakhir dilakukan pengambilan kesimpulan dan saran.

Diagram Alir



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Beton

Berdasarkan nilai-nilai yang didapat dari pemeriksaan material, maka menurut ACI 211.1 – 91 untuk mencapai mutu beton 25 MPa dengan FAS 0,55 (ditetapkan dari beberapa kali trial mix design) dibutuhkan komposisi campuran beton seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Campuran Beton m^3

Komposisi Campuran Per m^3					
Campuran Beton	0 % (kg)	2,5 % (kg)	5 % (kg)	7,5 % (kg)	10 % (kg)
Semen	372.73	372.73	372.73	372.73	372.73
Air	224.79	224.79	224.79	224.79	224.79
Agregat Kasar	846.30	846.30	846.30	846.30	846.30
Agregat Halus	729.18	729.18	729.18	729.18	729.18
Serbuk Cangkang Telur	0	0.15	0.29	0.44	0.58

Sumber: Hasil Penelitian

Pemeriksaan Nilai Slump



Gambar 5. Pengujian dan pola retak (Sumber: Dokumentasi Penelitian)

Tabel 3. Nilai Slump

Persentase SCT (%)	Nilai Slump (mm)
0	90
2,5	80
5	75
7,5	75
10	85

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 3. nilai *slump* yang didapatkan dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat sesuai nilai *slump* 75-100 mm. Campuran beton dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat dianggap bisa diterapkan karena memiliki *workability* yang baik.

Pemeriksaan Volume Beton

Hasil perhitungan berat volume rata-rata tiap benda uji pada umur 1 hari dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

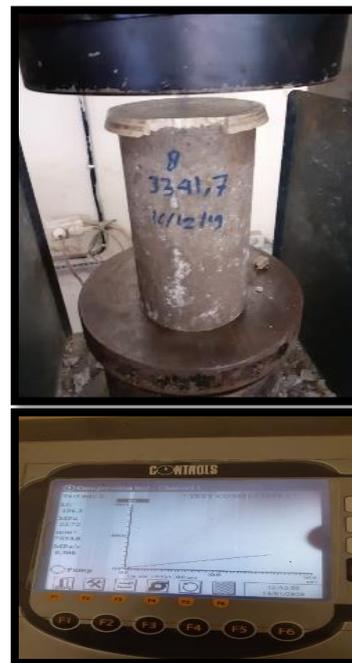
Tabel 4 . Rata-rata Berat Volume beton

Persentase SCT (%)	Berat Benda Uji (kg)	Volume Beton m^3	Berat Volume (kg/m^3)
0	3.4310	0.00157	2185.34
2.5	3.3660	0.00157	2143.96
5	3.3577	0.00157	2138.63
7.5	3.3204	0.00157	2114.87
10	3.3338	0.00157	2123.42

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa, rata-rata berat volume beton dengan dan tanpa tambahan serbuk cangkang telur pada penelitian ini berkisar 2114.87 – 2185.34 kg/m^3 . Maka, semua jenis beton dalam penelitian ini termasuk dalam jenis beton normal karena berat massa volume beton tersebut berada pada interval 2110-2550 kg/m^3 .

Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

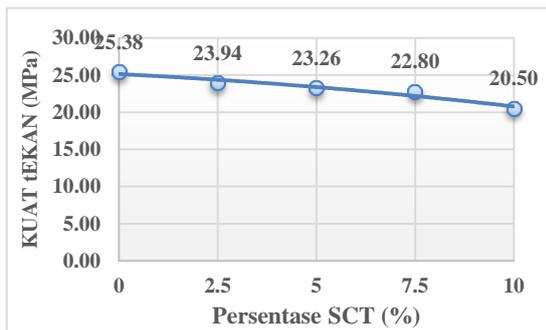


Gambar 6. Contoh Sampel (Sumber: Dokumentasi Penelitian)

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton

Persentase SCT (%)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
0	25.38
2.5	23.94
5	23.26
7.5	22.80
10	20.50

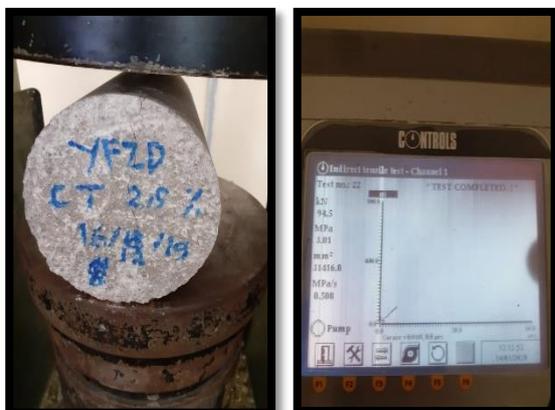
Sumber : Hasil Penelitian



Grafik 1. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton

Dari hasil pemeriksaan rata-rata kuat tekan beton, persentase 0% ke persentase 2.5 % mengalami penurunan yaitu 23.94 MPa begitu juga pada persentase 5 %, 7.5 % dan 10 % mengalami penurunan masing-masing yaitu 23.26 MPa, 22.80 MPa dan 20.50 MPa. Nilai kuat tekan terbesar yang sudah dicampurkan dengan serbuk cangkang telur terdapat pada persentase 2.5%.

Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton

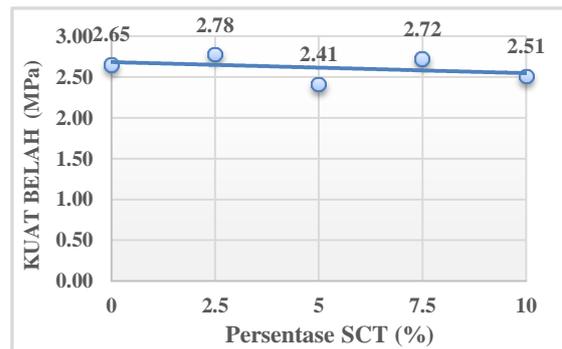


Gambar 7. Contoh Sampel
Sumber: Dokumentasi Penelitian

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Belah Beton

Persentase SCT (%)	Kuat Belah rata-rata (MPa)
0	2.65
2.5	2.78
5	2.41
7.5	2.72
10	2.51

Sumber : Hasil Penelitian



Grafik 2. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Belah Beton

Dari hasil pemeriksaan rata-rata kuat tarik belah beton serbuk cangkang telur, didapat nilai kuat tarik belah beton mengalami peningkatan pada persentase 2.5 % sebesar 2.78 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tarik belah beton normal sebesar 2.65 MPa atau mengalami kenaikan kekuatan 4.91% dari beton tanpa tambahan SCT.

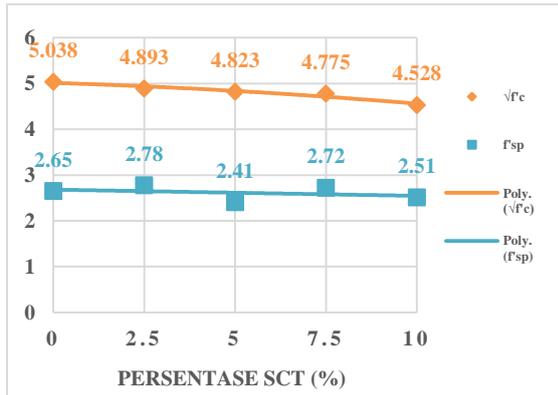
Perbandingan antara Kuat Tekan beton dan Kuat Tarik belah Beton SCT

Perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 7. Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Persentase SCT (%)	f'_c	f'_{sp}	Perbandingan	
			$\sqrt{f'_c}$	$f'_{sp}/\sqrt{f'_c}$
0%	25.38	2.65	5.038	0.526
2.5%	23.94	2.78	4.893	0.568
5%	23.26	2.41	4.823	0.500
7.5%	22.80	2.72	4.775	0.570
10%	20.50	2.51	4.528	0.554

PENUTUP



Grafik 3. Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton SCT

Berdasarkan tabel 7 dan gambar grafik 3 diatas, nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton terbesar tidak pada persentase tambahan SCT yang sama dimana kuat tekan beton memiliki persentase terbesar pada beton normal sebesar 25.38 MPa sementara nilai kuat tarik belah beton memiliki persentase terbesar pada persentase tambahan SCT 2.5 % sebesar 2.78 MPa.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Kuat tekan dan kuat tarik beton cenderung menurun pada substitusi serbuk cangkang telur 0%-10%.
2. Penggunaan SCT pada penelitian ini tidak berpengaruh pada kuat tarik belah, karena berdasarkan perbandingan persen dari beton normal hanya terjadi perbedaan nilai yang relatif kecil.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, saran yang perlu disampaikan untuk dijadikan suatu pemikiran yang lebih baik dalam penelitian lebih lanjut yaitu: 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 Committee 211.1-91., 1993. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, ACI, Detroit.
- ASTM C-33. *Standard Specification for Concrete Aggregates*, United States.
- ASTM C 125-1995., Annual Book of ASTM Standards 1995. Vol.04.02, *Concrete and Aggregate*,
- Butcher, G. D., Miles, R., 1990. *Concepts of Eggshell Quality*, http://poultryinfo.co.za/articles/Old/egg_shell_quality.pdf. 23/08/2016. 21.30
- Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2018. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2018*. Jakarta
- Ferguson, P. M., 1986. *Dasar-Dasar Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Hunton, P., 2005, *Research On Eggshell Structure and Quality: An Historical Overview*. Brazilian Journal of Poultry Science, <http://www.scielo.br/pdf> 23/08/2016. 22.05.
- Kawuluan, Julianda A., Manalip, Hieryco., Dapas, Servie O., 2019. *Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat dengan Variasi Sudut Tekuk pada Kedua Ujungnya*. Jurnal Sipil Statik Volume 7, No 5, Mei 2019. (513-526), ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi. Manado.

- SNI 03-2834-2000., 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- SNI 03-2847-2002., 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- SNI 1974-2011., 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 2491-2014., 2014. *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton silinder*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Stadelman, W. J. and O. J. Cotteril. 1973. *Egg Science and Technology*. The AVI Publishing, Inc. Westport. Connecticut.
- Tumbel, George W. Y., Dapas, Servie O., Mondoringin, Mielke R. I. A. J., 2020. *Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton*. Jurnal Sipil Statik, Vol.8 No.3 Mei 2020, (293-298), ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Yuwanta, T., 2010. *Telur dan Kualitas Telur*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta