

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI-03-2834-2000). Beton adalah bahan bangunan yang dibuat dengan mencampurkan agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air dan semen. Air dan semen berfungsi sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus, kadang seringkali ditambahkan admixture atau additive campuran beton (Andriansyah dan Hidayati, 2023).

2.2 Bahan Penyusun Beton

2.1.1 Semen

Semen Portland adalah bahan bangunan berbentuk serbuk halus berwarna abu-abu yang mengandung kalsium, alumunium dan silika. Bahan dasar pembuat semen sebenarnya adalah batu kapur yang mengandung kalsium oksida (CaO), serta lempung atau tanah liat yang banyak mengandung silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) (Purwanto dan Wardani, 2020).

Menurut Ichsan, (2021), Semen adalah bubuk halus hasil gilingan bahan batu kapur, silika, tanah liat, dan bijih besi yang telah dibakar. Dalam prosesnya, ditambahkan sedikit gips agar semen tidak cepat mengeras saat digunakan. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. Semen berfungsi sebagai perekat (pengikat) dalam konstruksi, menyatukan material seperti pasir, batu bata, dan kerikil menjadi beton, plesteran, atau mortar yang kuat dan tahan lama untuk membangun struktur seperti pondasi, dinding, lantai, jembatan, dan jalan.

2.1.2 Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik (SNI-03-2847-2002). Berdasarkan butiran agregat dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Pembagian ukuran agregat kasar dalam batas-batas gradasi dapat dilihat Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Batas gradasi agregat kasar

Ukuran Saringan	Persentase Lolos Kumulatif		
	40 mm	20 mm	10 mm
1.5" = 38 mm	95 - 100	100	
3/4" = 19 mm	30 - 70	95 - 100	100
3/8" = 9.6 mm	10 - 40	30 - 60	50 - 85
No.4 = 4.8 mm	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Sumber: SNI 2834-2000 (2000:12)

Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam campuran beton sebagai berikut:

1. Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
2. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
3. Kandungan lumpur harus <1%, jika melebihi maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus berbentuk butir-butir tajam dan keras.
2. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

Berikut batas-batas gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Batas Gradasi agregat halus

Ukuran Saringan	Persentase Kumulatif Lolos Saringan			
	Zona 1 Pasir Kasar	Zona 2 Pasir Agak Kasar	Zona 3 Pasir Halus	Zona 4 Pasir Sangat Halus
1,5" = 38 mm	100	100	100	100
3/4" = 19 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
3/8" = 9.6 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
No.4 = 4.8 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
No.8 = 2.4 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
No.16 = 1.2 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
No.30 = 0.6 mm	0-15	0-10	0-10	0-15
No.50 = 0.3 mm				
No.100 = 0.15 mm				
No.200 = 0.074 mm				

Sumber: SNI 2834-2000 (2000:12)

2.1.3 Air

Menurut Pebriyanto et al., (2021), air adalah suatu zat cair yang tidak memiliki rasa, bau, dan warna. Air terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H₂O. Air juga merupakan kebutuhan paling utama bagi semua makhluk hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Karena kegunaan yang sangat banyak untuk berbagai hal maka air sama pentingnya dengan matahari yang menjadi sumber energi bagi bumi.

Dalam SNI-03-2847-2002 dalam ketentuan air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut:

1. Air yang digunakan dalam campuran beton harus bersih dan bebas dari kotoran, zat merusak yang mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulungan.
2. Air pencampuran yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 1. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan beton uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan harus dilakukan pada campuran yang sama, kecuali air pencampur, yang diuji sesuai dengan “Metode uji kuat, tekan untuk mortar, semen hidrolik menggunakan benda uji kubus dengan ukuran, sisi 50 mm” ASTM, C 109.

2.1.4 Serbuk Cangkang Telur

Cangkang telur adalah lapisan terluar dari telur. Lapisan ini dapat bertekstur keras maupun lunak, tergantung jenis telurnya. Cangkang telur unggas umumnya terbuat kalsium karbonat yang dapat larut dalam asam dan melepaskan karbon dioksida (Sinay et al., 2024). Cangkang telur terdiri atas 97% kalsium karbonat. Sementara itu, rata-rata dari cangkang telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, kalium, natrium, seng, mangan, besi dan tembaga. Serbuk cangkang telur/ eggshell powder (ESP) merupakan limbah unggas dengan komposisi kimia hampir sama dengan batu kapur, cangkang telur mempunyai senyawa kimia berupa zat kapur (CaO) sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai campuran untuk mengurangi komposisi semen Portland (Sorisi dan Steenie E. Wallah, 2020).

Cangkang telur dan semen memiliki persamaan yang terletak pada kandungan unsurnya, yaitu kalsium (Ca). Semen terdiri dari senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat yang berasal dari bahan baku kaya kalsium seperti batu kapur sedangkan serbuk cangkang telur terdiri dari kalsium karbonat (CaCO₃) yang merupakan sumber kalsium. Dengan unsur kalsium yang tinggi, cangkang telur dapat membantu dalam pembentukan struktur pasta semen, terutama dalam meningkatkan kepadatan campuran melalui efek pengisian pada pori-pori beton. Serbuk cangkang telur juga bisa digunakan sebagai bahan substitusi sebagian

semen dalam campuran beton dan untuk mengurangi penggunaan semen tanpa menurunkan mutu beton.

Berikut ini adalah gambar cangkang telur sebelum dan sesudah dihaluskan yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Cangkang Telur sebelum dihaluskan



Gambar 2.2 Cangkang Telur setelah dihaluskan.

2.3 Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Pemeriksaan karakteristik agregat dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis agregat yang akan digunakan untuk penentuan campuran bahan penyusun beton. Berikut ini merupakan pemeriksaan yang dilakukan pada agregat, yaitu:

2.3.1 Analisa Saringan Agregat

Analisa saringan agregat merupakan suatu metode pengujian yang dilakukan untuk menentukan persentase berat butiran agregat yang lolos pada satu set saringan dengan ukuran yang berbeda. Hasil pengujian ini digunakan untuk mengetahui gradasi atau pembagian butiran agregat yang berperan dalam perencanaan campuran beton. Oleh karena itu, pengujian ini dilakukan untuk menentukan gradasi agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton.

2.3.2 Pengujian Kadar Zat Organik

Pengujian kadar zat organik dilakukan untuk mengetahui kadar zat organik yang terkandung dalam agregat halus. Berdasarkan SNI 03-2816-1992, agregat halus dinyatakan memenuhi persyaratan apabila warna larutan uji tidak lebih gelap dari warna standar nomor 3 pada *organic plate*. Kandungan zat organik yang tinggi dapat menghambat proses hidrasi semen dan memengaruhi mutu beton yang dihasilkan.

2.3.3 Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume dilakukan untuk menentukan berat isi agregat, baik agregat halus atau agregat kasar. Berat isi agregat diartikan sebagai perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering dengan volume agregat. Nilai berat isi agregat berada pada 1,4 kg/liter - 1,9 kg/liter. Perhitungan dari Berat volume dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Volume Agregat} = \frac{W}{V} \text{ (Kg/m}^3\text{)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

W = Berat benda uji (gr)

V = Volume Mould (cm³)

2.3.4 Analisa Specific Grafity dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai dari *Bulk Specific Gravity*, *Apparent Specific Gravity*, serta daya serap air agregat kasar sesuai dengan ketentuan SNI 03-1969-2008. Data dari hasil pengujian ini akan digunakan dalam perencanaan campuran beton. Perhitungan nilai analisa *Specific Grafity* dan Penyerapan Agregat Kasar dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Apparent Spesific Grafity} = \frac{C}{C-B} \quad (2.2)$$

$$\text{Bulk Spesific Grafity Kondisi Kering} = \frac{C}{(A-B)} \quad (2.3)$$

$$\text{Bulk Spesific Grafity Kondisi SDD} = \frac{A}{(A-B)} \quad (2.4)$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ penyerapan} = \frac{(A-C)}{C} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

A = Berat sampel kondisi SSD (gr)

B = Berat sampel kondisi jenuh (gr)

C = Berat sampel kondisi kering (gr)

2.3.5 Analisa *Specific Gravity* dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian Analisa *Specific Gravity* dan Penyerapan Agregat halus bertujuan untuk menentukan *Bulk* dan *Apparent Specific Gravity* dan penyerapan dari agregat halus menurut SNI 03-1970-2008. Nilai dari pengujian ini diperlukan untuk menentukan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton. Analisa *Specific Gravity* dan Penyerapan Agregat halus dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Apparent Spesific Gravity} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (2.6)$$

$$\text{Bulk Spesific Gravity Kondisi Kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (2.7)$$

$$\text{Bulk Spesific Gravity Kondisi SDD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (2.8)$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ penyerapan} = \left[\frac{B-E}{E} \right] \times 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan:

A = Berat piknometer (gr)

B = Berat sampel kondisi SSD (gr)

C = Berat piknometer + sampel + air (gr)

D = Berat piknometer + air (gr)

E = Berat contoh kering (gr)

2.3.6 Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat merupakan perbandingan antrat berat air yang terkandung di dalam agregat dengan berat agregat dalam kondisi kering. Nilai dari kadar air ini akan digunakan untuk menyesuaikan takaran air dalam campuran beton agar mutu beton yang dihasilkan sesuai dengan perencanaan. Menurut SNI 03-1971-1990, kadar air agregat adalah 3%-5%. Perhitungan kadar air agregat dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (2.10)$$

Keterangan:

W_1 = Berat awal sampel (gr)

W_2 = Berat sampel kering (gr)

2.3.7 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus. Menurut (SNI 03-4142-1996, 1996), kadar lumpur agregat halus yang diperbolehkan adalah kurang dari 5%. Kadar lumpur yang tinggi dapat menurunkan mutu beton, karena sifat dari kembang susut dari lumpur yang menyebabkan terjadinya susut dan retaknya beton. Perhitungan kadar lumpur agregat halus dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar lumpur agregat halus} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \quad (2.11)$$

Keterangan:

V_1 = Tinggi lumpur (mm)

V_2 = Tinggi pasir (mm)

2.3.8 Pemeriksaan Keausan Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Keausan merupakan perbandingan antara berat bahan aus yang lewat saringan No.12 dengan berat semula yang dinyatakan dalam persen. Menurut (SNI 03-2417-1991, 1991), keausan agregat kasar kurang dan sama dengan 40%. Keausan agregat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2.12)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji semula

B = Berat benda uji tertahan saringan No.12

2.4 Perencanaan Campuran Beton

Perancangan campuran beton dilakukan untuk mengetahui komposisi dan proporsi bahan penyusun beton yang sesuai. Tujuan perencanaan ini adalah untuk memperoleh beton yang memenuhi mutu rencana, memiliki kemudahan pengerjaan yang baik, memastikan kebutuhan kubikasi beton saat pengecoran tepat dan menghasilkan beton yang ekonomis. Penggunaan material yang baik tidak selalu menjamin mutu beton yang baik, karena kualitas beton sangat dipengaruhi oleh proporsi campuran. Berikut ini beberapa metode perencanaan campuran beton sebagai berikut:

1. Metode DOE (*Departement Of Environtment*)

Metode ini adalah standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum yang dimuat dalam standar SNI 03-2834-2000, yaitu sebagai tata cara pembuatan perencanaan campuran beton normal. Metode SNI 03-2834-2000, dengan proses perancangan campurannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut:

- a. Metode ini membedakan antara agregat pecah dan tidak pecah yang akan mempengaruhi jumlah penggunaan air.
- b. Memperhitungkan gradasi dari agregat halus berdasarkan zona dan menganggap gradasi dari agregat halus akan mempengaruhi tingkat kemampuan kerja dari campuran beton.
- c. Rasio optimum dari volume curah agregat kasar perkubik beton tergantung dari ukuran maksimum nominal dari agregat kasar dan gradasi agregat halus.
- d. Kadat air dalam campuran beton hanya dipengaruhi oleh tingkat kemudahan kerja yang diperlukan, dinyatakan dengan uji *Slump*.
- e. Ukurua maksimum nominal dari agregat kasar, dianggap tidak mempengaruhi proporsi campuran.
- f. Metode mengadopsi campuran beton dengan rasio air semen (fas) 0,5.

2. Metoda ACI (*American Concrete Institute*)

Metode perancangan campuran beton berdasarkan ACI tercantum dalam standar SNI 7656:2012 yaitu “Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa”. Standar ini digunakan sebagai pedoman dalam menentukan proporsi bahan penyusun beton agar campuran yang dihasilkan memenuhi persyaratan mutu, kemudahan pengerjaan, serta kebutuhan pelaksanaan di lapangan. Metode SNI 7656:2012, prosedur rancangan campuran beton disusun berdasarkan beberapa asumsi dasar sebagai berikut:

- a. Metode ini tidak membedakan jenis semen hidrolik dan jenis agregat yang digunakan.

- b. Konsistensi campuran beton yang berkaitan dengan kemudahan pengerjaan (*workability*) dianggap terutama dipengaruhi oleh kadar air bebas dalam campuran, yang dinyatakan melalui pengujian slump.
- c. Rasio optimum volume curah agregat kasar per satu meter kubik beton ditentukan hanya berdasarkan ukuran maksimum nominal agregat kasar.
- d. Cara atau metode pemadatan beton berpengaruh terhadap nilai slump yang dianjurkan.
- e. Estimasi volume bahan penyusun beton dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan ekuivalensi berat atau pendekatan volume absolut.
- f. Metode ini tidak menetapkan batasan kadar minimum semen atau kadar minimum beton yang harus digunakan dalam campuran.
- g. Pada campuran beton yang menggunakan agregat kasar alami (kerikil), metode ini memberikan ketentuan pengurangan kebutuhan air sebesar 18 kg/m^3 dibandingkan campuran yang menggunakan agregat pecah.

2.5 Slump Test

Slump test merupakan metode pengujian yang digunakan (kelecekan atau konsistensi) adukan campuran beton segar. Pengujian slump test bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi perubahan kadar air pada campuran beton, sekaligus memastikan *workability* beton sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Nilai *slump* yang rendah menunjukkan bahwa adukan beton lebih kental dan cenderung sulit dikerjakan, sedangkan nilai *slump* yang tinggi menandakan beton lebih encer sehingga lebih mudah dalam proses pengecoran.

Pengujian *slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut abram. Lakukan pengujian dengan cara kerucut abram diletakkan diatas talam baja yang rata dan tidak menyerap air. Adukan beton dimasukan ke dalam kerucut abram dengan 3 lapisan, yaitu masing-masing sekitar 1/3, 2/3, dan penuh. Tiap lapisan ditumbuk dengan menggunakan batang baja diameter 16 mm dan panjang 600 mm sebanyak 25 kali. Penusukan dilakukan secara merata pada seluruh permukaan lapisan serta untuk lapisan kedua dan ketiga penusukan harus menembus sedikit lapisan di bawahnya agar pemadatan lebih merata. Kemudian kerucut diangkat

tegak lurus keatas, maka lapisan beton akan turun dari posisi semula, penurunan diukur dengan cara meletakkan kerucut abram di sampingnya, lalu diukur selisih beda tingginya penurunan dari posisi semula ini disebut dengan *slump*.

2.6 Perawatan beton (*Curing*)

Perawatan beton merupakan tahapan yang dilakukan setelah proses pengecoran selesai, ini bertujuan untuk menjaga beton agar proses hidrasi tidak terganggu. Perawatan ini dilakukan untuk menjaga kondisi beton tetap lembab sehingga air yang terdapat pada beton segar tidak cepat menguap, terutama pada permukaan beton. Jika perawatan beton tidak dilakukan dengan baik, maka beton akan mengalami keretakan pada permukaan beton. Selain itu, dapat menurunkan mutu beton itu sendiri.

2.7 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari yang sebenarnya apakah sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pada mesin uji tekan benda diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja (Fuad, 2022).

Nilai dari kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1. Kekuatan Tekan Beton (σ_{bk})

$$\sigma'_{bk} = \frac{P}{A} \quad (2.13)$$

Keterangan:

σ'_{bk} = Kuat tekan benda uji (Kg/cm²)

P = Beban maksimum (Kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

2. Kuat Tekan Rata-rata Uji (f'_{cr})

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum \sigma'_{bk}}{n} \quad (2.14)$$

Keterangan:

σ'_{bm} = Kuat tekan beton rata-rata jumlah benda uji (Kg/cm²)

σ'_{bk} = Kuat tekan beton benda uji (Kg/cm²)

n = Jumlah benda uji

3. Standar Deviasi (SD)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\sigma'bk - \sigma'bm)^2}{n-1}} \quad (2.15)$$

Keterangan:

SD = *Deviasi standar*

$\sigma'bk$ = Kuat tekan beton umur 28 hari (Kg/cm²)

$\sigma'bm$ = Kuat tekan beton rata-rata (Kg/cm²)

N = Jumlah benda uji

4. Kuat Tekan Karakteristik ($f'ck$)

$$\sigma'bk = \sigma'bm - (1.64s) \quad (2.16)$$

Keterangan:

$\sigma'bk$ = Kuat tekan karakteristik beton (Kg/cm²)

$\sigma'bm$ = Kuat tekan beton rata-rata (Kg/cm²)

SD = *Deviasi standar*

2.8 Jurnal Penelitian Terdahulu

Berikut daftar jurnal referensi yang digunakan dalam penelitian yang dapat dilihat di Tabel 2.3 di bawah ini:

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Variasi Campuran	Umur Uji	Hasil Penelitian
1	Akbar dan Arini, (2023)	PENGARUH SERBUK CANGKANG TELUR TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON DAUR ULANG	0%, 2%, 4%, 6% 8%	28 hari	Hasil pengujian kuat tekan beton daur ulang dengan pengujian crushing test memiliki sifat yang normal yaitu nilai kuat tekan semakin bertambah seiring dengan pertambahan umur beton daur ulang. Nilai kuat tekan beton daur ulang paling tinggi yaitu sebesar 24,41 MPa dengan komposisi serbuk cangkang telur 2,5% dari semen, sedangkan nilai terkecil adalah sebesar 19,05 MPa dengan komposisi serbuk cangkang telur 7,5%. Untuk Nilai kuat tarik belah beton daur ulang paling tinggi yaitu sebesar 2,89 MPa dengan komposisi serbuk cangkang telur 2,5% dari semen, sedangkan nilai terkecil adalah sebesar 2,29 MPa dengan komposisi serbuk cangkang telur 7,5%
2	Ashariyanto et al., (2022)	Pengaplikasian Serbuk Cangkang Telur sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen terhadap Kuat Tekan Beton	0%, 5%, 10%, 20%	20 hari	Pengaruh penambahan serbuk kulit cangkang telur pada variasi 0%, 5%, 10%, 20% . Pada penelitian ini membuat campuran beton dengan serbuk cangkang telur dengan variasi terbaik yaitu 0%, dengan nilai kuat tekan beton sebesar 14.582 N/mm2 (Mpa), sedangkan 5%, dengan nilai kuat tekan beton sebesar 15.44 N/mm2 (Mpa), dan 10%, dengan nilai kuat tekan beton sebesar 16.941 n/mm2 (Mpa), dan 20 % mengalami penurunan dengan nilai kuat tekan beton sebesar 10.829 n/mm2 (Mpa).

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

3	Pohan dan Rambe, (2022)	BETON RAMAH LINGKUNGAN DENGAN CANGKANG TELUR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN	0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10%	28 hari	Kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan variasi 0% sebesar 25,52 Mpa, variasi 2,5% sebesar 23,19 Mpa, variasi 5% sebesar 20,18 Mpa, variasi 7,5% sebesar 16,22 Mpa dan variasi 10% sebesar 13,45 Mpa. Dari hasil kuat tekan tersebut mengalami penurunan.jadi variasi yang bisa digunakan untuk dijadikan beton ramah lingkungan pada variasi 2,5%.
4	Dewi dan Hieryco Manalip, (2020)	PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP NILAI KUAT TARIK BELAH BETON	0%, 2.5%, 5%, 7,5%, 10%	28 hari	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
5	Fahrul irfan syah, (2023)	Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa dan Serbuk Cangkang Telur pada Beton	0%, 0.5%, 1.5%	28 hari	Berdasarkan hasil tes kua tekan beton yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa penambahan 0.5% abu serabut kelapa dan 0.5% serbuk cangkang telur dapat dijadikan bahan campuran beton karena untuk beton dengan mutu k-225 minimal nilai kuat tekan sebesar 19.3 Mpa. Untuk beton dengan bahan tambah abu serabut kelapa dan serbuk cangkang telur persentase 0.5% dan 1.5% tidak memenuhi syarat yang ada.