

Journal of Comprehensive Science
p-ISSN: 2962-4738 e-ISSN: 2962-4584
Vol. 3. No. 10, Oktober 2024

Analisa Perbandingan Biaya dan Mutu Beton Menggunakan Serbuk Cangkang Telur untuk Mereduksi Pemakaian Semen

James Boy Sinay^{1*}, Tonny Sahusilawane², Abraham Tuanakotta³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Ambon, Indonesia

Email Koresponden: jemzsinay@gmail.com^{1*}

Abstrak

Beton merupakan bahan konstruksi yang sangat penting dalam pembangunan sehingga penggunaan beton banyak digunakan. Dalam penggunaan beton konvensional banyak diiringi juga dengan permasalahan yang timbul seperti penggunaan semen yang begitu banyak yang dapat berpengaruh pada lingkungan. Dalam penelitian ini, akan memanfaatkan serbuk cangkang telur untuk mereduksi jumlah semen dalam proporsi campuran penyusun beton serta dalam penggunaan serbuk dan serta dapat mengurangi biaya penggunaan semen yang relatif mahal. Selain itu, Limbah cangkang telur ayam yang memiliki kandungan kalsium karbonat dimana diketahui bahwa salah satu bahan penyusun Semen Portland (SP) adalah kalsium karbonat. Penelitian ini menggunakan SNI 03-2834-2000, untuk menghitung proporsi bahan campuran beton. Pengujian kuat tekan beton ini menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm (0,15 m) dan tinggi 300 mm (0,30 m) sebanyak 15 sampel dengan jumlah serbuk cangkang telur ayam yang digunakan sebesar 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%. Dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari dan kemudian di konversi ke umur 28 hari, kuat tekan rata-rata pada persentase cangkang telur 0% adalah 25.76 MPa, 1% adalah 22.80 MPa, 2% adalah 20.43 MPa, 3% adalah 20.13 MPa, 4% adalah 19.98 MPa. Semakin besar presentase bubuk cangkang telur ayam maka nilai kuat tekan beton mengalami penurunan. Untuk Biaya pada campuran beton 0% adalah Rp 11.414,5, 1% adalah Rp 11.342,5, 2% adalah Rp 11.270,5 3% adalah, Rp 11.198,5, 4% adalah Rp 11.150,5 biaya beton menggunakan serbuk cangkang telur relative lebih murah.

Kata Kunci: Limbah Cangkang Telur, Kuat Tekan, Beto

Abstract

Concrete is a very important construction material in construction so that the use of concrete is widely used. In the use of conventional concrete, there are many problems that arise, such as the use of so much cement that can affect the environment. In this study, the use of eggshell powder will be used to reduce the amount of cement in the proportion of the concrete constituent mixture as well as in the use of powder and can reduce the cost of using cement which is relatively expensive. In addition, chicken egg shell waste contains calcium carbonate where it is known that one of the constituent ingredients of Portland Cement (SP) is calcium carbonate. This study uses SNI 03-2834-2000, to calculate the proportion of the concrete mixture. Testing the compressive strength of this concrete using cylindrical specimens with a diameter of 150 mm (0.15 m) and a height of 300 mm (0.30 m) as many as 15 samples with the amount of chicken egg shell powder used at 0%, 1%, 2%, 3% and 4%. From the results of testing the average compressive strength at the age of 7 days and then converted to the age of 28 days, the average compressive strength at 0% eggshell percentage is 25.76 MPa, 1% is 22.80

MPa, 2% is 20.43 MPa, 3% is 20.13 MPa, 4% is 19.98 MPa. The greater the percentage of chicken egg shell powder, the compressive strength of the concrete decreases. For the cost of 0% concrete mix is Rp. 11,414.5, 1% is Rp. 11,342.5, 2% is Rp. 11,270.5 3% is, Rp. 11,198.5, 4% is Rp. 11,150.5 the cost of concrete using egg shell powder relatively cheaper.

Keywords: Eggshell Waste, Compressive Strength, Concrete

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di zaman ini yang semakin pesat membuat pembangunan infrastruktur juga berkembang. Beton merupakan bahankonstruksi 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 (Tumbel et al., 2020). 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 kardioksida yang dapat meningkatkan pemanasan global (Qomaruddin et al., 2018). 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.

Dalam penelitian ini, mencoba memanfaatkan serbuk cangkang telur untuk mereduksi jumlah semen dalam proporsi campuran penyusun beton serta dalam penggunaan serbuk dapat mengurangi biaya penggunaan semen yang relatif mahal. Penelitian ini juga akan diamati karakteristik beton yang dihasilkan, dan diharapkan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian jumlah semen dapat menghasilkan karakteristik yang sama atau lebih baik dari beton normal.

Dalam penggunaan beton konvensional yang semakin meluas, terdapat permasalahan yang timbul, seperti penggunaan semen yang berlebihan, yang dapat berdampak negatif pada lingkungan (Trisnoyuwono, 2015). Proses produksi semen menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂) yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Untuk mengatasi masalah ini, perlu dilakukan penelitian tentang beton yang ramah lingkungan. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan adalah limbah cangkang telur ayam yang diolah menjadi bubuk cangkang telur untuk substitusi semen.

Limbah cangkang telur ayam memiliki kuantitas yang cukup besar karena telur ayam banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk pangan maupun kuliner (Pohan & Rambe, 2022). Limbah cangkang telur yang melimpah ini belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, limbah cangkang telur ayam mengandung kalsium karbonat, yang merupakan salah satu bahan penyusun Semen Portland (SP) (Sahendra, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan serbuk cangkang telur untuk mengurangi jumlah semen dalam proporsi campuran penyusun beton, serta mengurangi biaya penggunaan semen yang relatif mahal. Karakteristik beton yang dihasilkan akan diamati, dengan harapan bahwa penggunaan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian jumlah semen dapat menghasilkan karakteristik yang sama atau bahkan lebih baik dibandingkan beton normal.

Meskipun terdapat beberapa penelitian yang telah mengkaji penggunaan bahan alternatif dalam campuran beton, masih ada kekurangan dalam penelitian yang secara khusus menganalisis pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai substitusi semen. Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada bahan alternatif lain, seperti fly ash atau slag, tanpa mempertimbangkan potensi besar dari limbah cangkang telur sebagai bahan yang ramah lingkungan dan ekonomis.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan bahan substitusi seperti

limbah organik dan material alternatif dapat meningkatkan sifat mekanik dan durability beton (Halim & Amiruddin, 2024; Syarif, 2019). Namun, penelitian yang secara spesifik meneliti pengaruh cangkang telur ayam terhadap karakteristik beton masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya belum mempertimbangkan dampak lingkungan dari penggunaan semen konvensional dan bagaimana penggantian dengan limbah cangkang telur dapat menjadi solusi yang lebih berkelanjutan.

Penelitian ini memberikan kebaruan dengan fokus pada pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai substitusi semen dalam campuran beton. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya akan mengeksplorasi karakteristik fisik dan mekanik beton yang dihasilkan, tetapi juga akan menganalisis dampak lingkungan dari penggunaan serbuk cangkang telur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi model bagi penggunaan bahan ramah lingkungan lainnya dalam industri konstruksi.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap ilmu pengetahuan dengan memperkenalkan pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai bahan substitusi semen dalam campuran beton, sehingga dapat mengembangkan beton ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini akan memberikan rekomendasi praktis bagi para insinyur dan pembangun untuk menggunakan bahan alternatif yang lebih berkelanjutan dan ekonomis dalam proyek konstruksi. Dengan demikian, penelitian ini berpotensi membantu mengurangi emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari proses produksi semen, serta memanfaatkan limbah organik yang saat ini tidak terpakai, sehingga dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Di samping itu, penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dan pemangku kepentingan tentang pentingnya pemanfaatan limbah dalam industri konstruksi, mendorong adopsi praktik ramah lingkungan secara lebih luas.

Definisi Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*) (Puspitasari & Uisharmandani, 2023). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847-2002) (Rajak et al., 2020).

Menurut Supit et al., (2016) seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Kecepatan kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada Faktor Air Semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Salah satu kinerja beton yang sering diperhatikan adalah kekuatan tekan.

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya (Manuahe et al., 2014). Sedangkan Siahaan et al., 2020; dan Tomayahu, (2016) berat volume beton dipengaruhi oleh bentuk agregat, gradasi agregat, berat jenis agregat, ukuran maksimum agregat, karena berat volume beton tergantung pada berat volume agregat.

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 (Fitriani & Farida, 2017). 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.

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 (CO ₃)	58,00	3,50
Mangan (Mn)	7	ppm

Sumber : Yuwanta, (2010)



Gambar 1. Cangkang Telur (Sumber: Tumbel, 2020)

Analisa Anggaran Biaya

Merencanakan sesuatu biaya dalam penggunaan dan yang diperlukan dalam susunan-susunan pelaksanaan sangat penting dibidang administrasi maupun pelaksanaan kerja dalam bidang teknik.

Kegiatan perencanaan dasar untuk membuat sistem pembiayaan dari jadwal pelaksanaan konstruksi, untuk meramalkan kejadian pada suatu bangunan atau proyek, berdasarkan data-data yang sebenarnya. Kegiatan perencanaan dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari gambar rencana dan spesifikasi.

Berdasarkan gambar rencana, dapat diketahui kebutuhan material yang nantinya akan digunakan. Perhitungan dapat dilakukan secara teliti dan kemudian ditentukan harganya. Dalam melakukan kegiatan perencanaan, seseorang perencana harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh, termasuk jenis dan kebutuhan alat karena faktor tersebut dapat mempengaruhi biaya konstruksi.

Secara umum dapat dirumuskan dengan :

$$RAB = \Sigma (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan})$$

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat, dan memenuhi syarat (Lantang et al., 2014). Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk menguji pengaruh substitusi sebagian semen dengan serbuk cangkang telur ayam pada karakteristik beton. Penelitian eksperimental ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisik dan mekanik beton yang menggunakan serbuk cangkang telur dengan beton konvensional yang menggunakan semen sepenuhnya.

Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Ambon dengan menggunakan peralatan yang telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pembuatan benda uji juga dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Ambon dengan metode Standar Nasional Indonesia.

Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan terbagi atas empat tahap, antara lain :

1. Tahap I :
Sebelum dilakukan pembuatan campuran beton maka pada tahap ini dilakukan pengeringan dan penghalusan cangkang telur, kemudian dilakukan uji bahan dasar beton berupa agregat kasar dan halus, adapun pemeriksaan meliputi:
 - a. Pemeriksaan gradasi agregat kasar dan halus
 - b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus
 - c. Pemeriksaan bobot isi agregat kasar dan halus
 - d. Pemeriksaan kadar air agregat kasar dan halus
 - e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dan halus
2. Tahap II :
Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji dan perawatan beton. Perbandingan jumlah proporsi bahancampuran beton dihitung dengan menggunakan Metode SNI-2000.
3. Tahap III :
Dilakukan pengujian kuat tekan beton benda uji yang dilakukan setelah beton berumur 7 hari dan di konversi ke umur beton 28 hari
4. Tahap IV :
Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian darilangkah tersebut dapat diambil kesimpulan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan Pengujian Material

1. Hasil gradasi agregat halus
Pada Tabel 2. hasil modulus kehalusan agregat halus masuk dalam spesifikasi 1.5 – 3.8 dengan nilai MHB sebesar 3.5128.

Tabel 2. Gradasi Agregat Halus

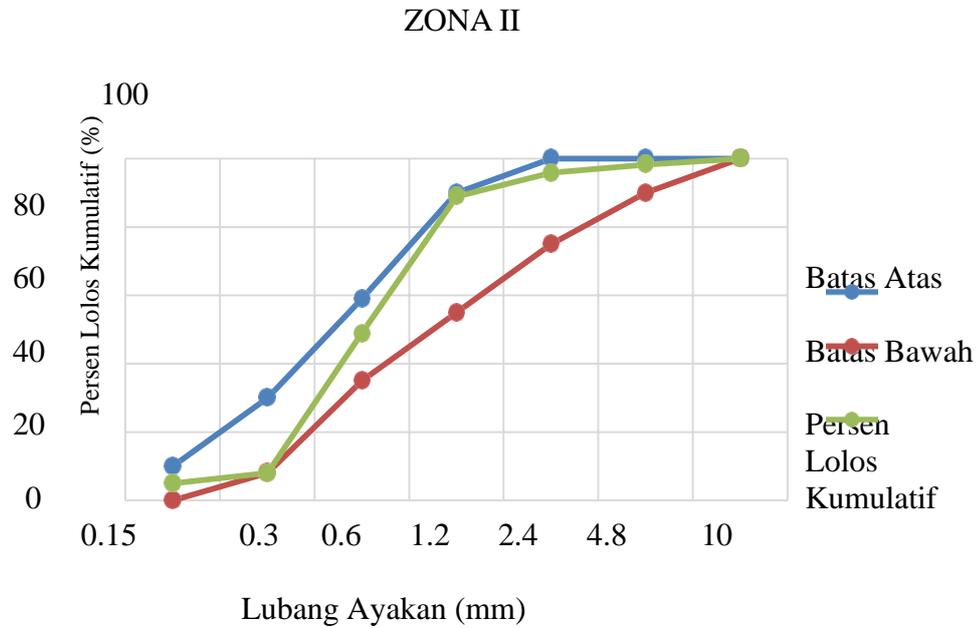
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal 1(%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0.00%	0.00%	98.95%
20,00	0	0.00%	0.00%	98.95%
10,00	0	0.00%	0.00%	98.95%
4,80	17.58	1.76%	1.76%	97.20%
2,40	23.86	2.39%	4.14%	94.81%
1,20	69.36	6.94%	11.08%	87.87%
0,60	399.62	39.96%	51.04%	47.91%
0,30	409.75	40.98%	92.02%	6.94%
0,15	30.77	3.08%	95.09%	3.86%
0.075	10.46	1.05%	96.14%	2.81%

Sisa	38.6	3.86%	98.95%	0.00%
	1000	100.00%	351.28%	
			MHB =	3.5128

Keterangan :

MHB : Modulus Halus Butir

Berdasarkan Tabel 2, maka pasir tergolong pada Zona II. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik gradasi agregat halus

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

Jenis Sampel : Pasir
Sumber Sampel : Laha

No	Uraian Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Standart Acuan
1	Gradasi			
	Zona Gradasi	Zona 2	Zona 1 - 4	SK. SNI T. 15-1990-03
	Modulus Kehalusan	3.51	1.5 - 3.8	SII 0052-80
2	Berat Volume (gr/cm³)		1.2 - 1.7	ASTM C-29
	Lepas	1.4318		
	Padat	1.6832		
3	Berat Jenis dan Penyerapan		2.4 - 2.9	BS 812
	Berat Jenis Bulk	2.45		
	Berat Jenis SSD	2.54		

Berat jenis Semu	2.70		
Penyerapa/ Absorsi (%)	3.85	< 5 %	PB - 0203 - 80
4 Kadar Air (%)	4.37	< 5 %	SII 0052- 80
5 Kadar Lumpur (%)	3.82	< 5 %	SII 0052- 80

Sumber : Hasil Analisa, 2021

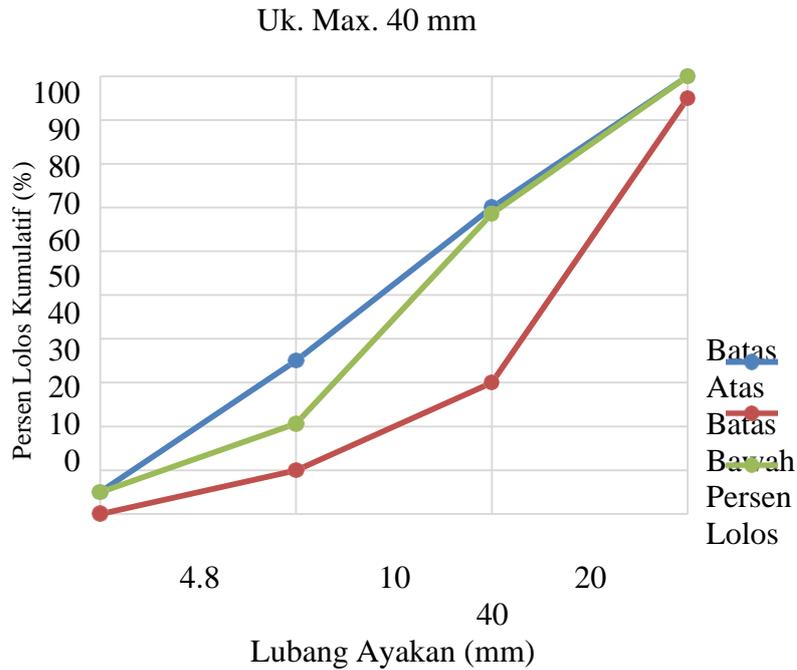
2. Hasil agregat kasar

Pada Tabel 4., hasil modulus kehalusan agregat kasar masuk dalam spesifikasi 5 – 8 dengan nilai MHB sebesar 7.7603.

Tabel 4. Analisa Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan(mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0.00%	0.00%	100.00 %
20,00	628.04	31.40%	31.40%	68.60 %
10,00	960.22	48.01%	79.41%	20.59 %
4,80	312.35	15.62%	95.03%	4.97%
2,40	0	0.00%	95.03%	4.97%
1,20	0	0.00%	95.03%	4.97%
0,60	0	0.00%	95.03%	4.97%
0,30	0	0.00%	95.03%	4.97%
0,15	0	0.00%	95.03%	4.97%
0.075	0	0.00%	95.03%	4.97%
Sisa	99.39	4.97%	100.00%	0.00%
Jumlah	2000		776.03%	
			MHB =	7.7603

Berdasarkan Tabel 4.3, maka batu pecah tergolong pada Uk. Max 40mm. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Grafik gradasi agregat kasar

Ukuran maksimum agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 40 mm. Grafik gradasi agregat kasar menunjukkan distribusi ukuran agregat dan bagaimana hal tersebut mempengaruhi komposisi campuran beton. Pada tabel yang terkait, terdapat ukuran lubang ayakan yang bervariasi, yaitu 4.8 mm, 10 mm, 20 mm, dan 40 mm. Setiap ukuran lubang ayakan memiliki batas atas dan batas bawah yang menunjukkan persentase maksimum dan minimum agregat yang diperbolehkan sesuai dengan standar yang berlaku. Selain itu, tabel tersebut juga mencantumkan persen lolos, yaitu persentase agregat yang berhasil melewati ayakan pada setiap ukuran.

Penting untuk memahami bahwa analisis gradasi agregat kasar berperan krusial dalam menentukan kualitas beton. Dengan mematuhi batas atas dan bawah serta memastikan persen lolos yang sesuai, diharapkan campuran beton dapat mencapai sifat mekanik yang diinginkan. Grafik ini memberikan gambaran yang jelas tentang hubungan antara ukuran lubang ayakan dan distribusi agregat, yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan, stabilitas, dan daya tahan beton yang dihasilkan.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

Jenis Sampel : Batu
 pecah Sumber Sampel : Laha

No	Uraian Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Standart Acuan
1 Gradasi				
	Zona Gradasi	40 mm	Uk. Max 10 - 40 mm	SK. SNI T. 15-1990-03
	Modelus Kehalusan	7.76	5 - 8	SII 0052-80
2 Berat Volume (gr/cm³)				
	Lepas	1.34	1.2 - 1.7	ASTM C-29
	Padat	1.53		
3 Berat Jenis dan Penyerapan				
	Berat Jenis Bulk	2.63	2.4 - 2.9	BS 812
	Berat Jenis SSD	2.69		
	Berat jenis Semu	2.80		
	Penyerapa/ Absorsi (%)	2.30	< 5 %	PB - 0203 - 80
4 Kadar Air (%)				
		1.487	< 5 %	SII 0052- 80
5 Kadar Lumpur (%)				
		2.884	< 5 %	SII 0052- 80

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap karakteristik dari agregat halus dan kasar, maka dapat dibahas sebagai berikut :

a. Gradasi agregat halus dan kasar

Dari hasil pengujian gradasi menunjukkan bahwa untuk agregat halus (Pasir) memenuhi syarat karena masuk dalam kategori gradasi zona II, sedangkan untuk agregat kasar (batu pecah) juga memenuhi syarat karena masuk dalam spesifikasi dan dikategorikan dalam ukuran maksimum 40 mm.

b. Kadar air agregat halus dan kasar

Pada pengujian kadar air agregat halus (pasir) diperoleh nilai rata-rata sebesar 4.37%, untuk agregat kasar (batu pecah) nilai rata-rata sebesar 1.487%. Nilai kadar air agregat menunjukkan pasir dan batu pecah dalam keadaan batas normal, dimana syaratnya sebesar 5%. (dapat dilihat pada tabel lampiran hasil pengujian). Kadar air sendiri dapat berpengaruh pada nilai kuat tekan beton jika kadar air tinggi, maka daya serap agregat semakin tinggi dan dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton.

c. Berat jenis dan penyerapan agregat halus dan kasar

Dari hasil pengujian diperoleh nilai berat jenis jenuh kering permukaan agregat halus

(*Saturated Surface Dry*, (SSD)) yaitu 2.54, untuk SSD agregat kasar yaitu 2.69. sedangkan nilai penyerapan/ absorpsi agregat halus yaitu 3.85 % dan agregat kasar yaitu 2.30% (dapat dilihat pada tabel lampiran hasil pengujian).

d. Kadar lumpur agregat halus dan kasar

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat halus diperoleh nilai sebesar 3.82% dan agregat kasar sebesar 2.884% dimana lebih kecil dari spesifikasi nilai kandungan lumpur padabeton normal yaitu 5% (dapat dilihat pada tabel lampiran hasil pengujian).

Perancangan Campuran *Mix Design* Beton

Metode perhitungan yang digunakan dalam perencanaan campuran *mix design* beton mengacu pada metode SNI-03-2834-2000. Adapun langkah-langkah dalam perencanaan campuran *mix design*, sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton (f^c) pada umur 28 hari

Kuat tekan beton yang disyaratkan (f^c) yaitu ditetapkan Kuat tekan $K250 \text{ kg/cm}^2 = 20.75 \text{ Mpa}$

2. Menetapkan nilai deviasi standar (S)

Deviasi standar dihitung berdasarkan volume pembetonan yang dibuat dan mutu pekerjaan. Nilai deviasi standar yang digunakan dalam perancangan campuran ini sebesar 7 Mpa, yaitu tingkat pengendalian mutu pekerjaan jelek dikarenakan belum mempunyai pengalaman sebelumnya.

Tabel 6. Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Zengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2.8
Sangat Baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa Kndali	8.4

3. Menghitung Nilai Tambah (Margin)/(M)M = $1.64 \times S$

$$= 1.64 \times 7$$

$$= 11.48 \text{ Mpa}$$

i. Menetapkan Kuat Tekan Rata-rata Yang Direncanakan (f^{cr})

$$f^{cr} = f^c + M$$

$$= 20.75 \text{ Mpa} + 11.48 \text{ Mpa}$$

$$= 32.23 \text{ Mpa}$$

ii. Jenis semen yang ditetapkan adalah semen portland tipe I

iii. Jenis Agregat

a) Agregat halus yang digunakan yaitu alami, menggunakan pasir darilaha.

b) Jenis agregat kasar yang digunakan yaiu batu pecah ukuran maksimum 40 mm.

iv. Menentukan nilai faktor air semen (fas)

Dengan cara menggunakan grafik hubungan kuat tekan dan fas benda ujisilinder.

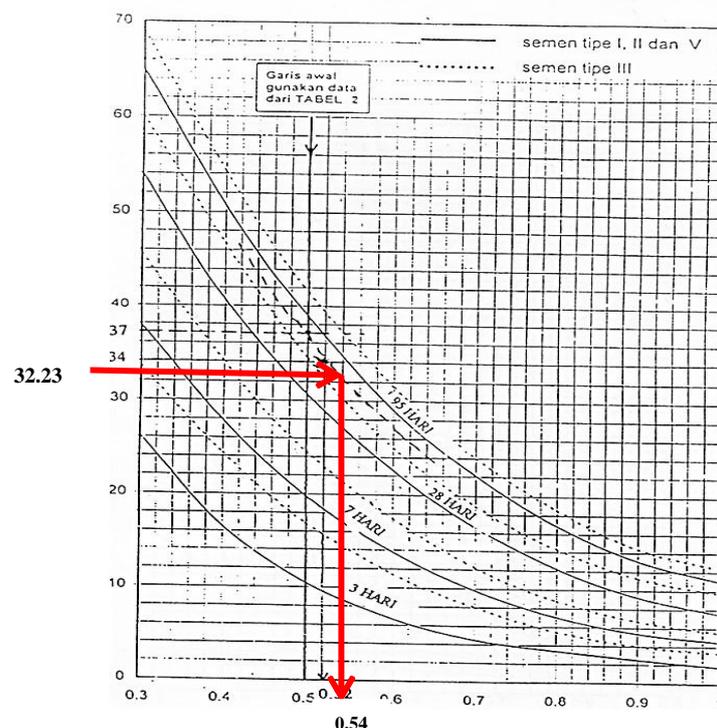
Adapun langkah-langkah penentuan nilai fas, sebagai berikut :

- a) Menentukan perkiraan kekuatan tekan dapat diketahui dari jenis semen, jenis agregat, bentuk benda uji yang digunakan, dan umur beton pada kekuatan tekan (dapat dilihat pada tabel 7).

Tabel 7. Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) beton dengan fas 0.5

Jenis semen ...	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

- b) Dari tabel diatas didapatkan kekuatan tekan sebesar 37 Mpa. Setelah itu, akan dilakukan penggambaran pada grafik Hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton (dapat dilihat pada gambar 4.)



Gambar 4. Hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen Sumber : SNI-03-2834-2000

- c) Penentuan nilai fas 0.54, diperoleh dari pertemuan nilai kekuatan tekan 37 Mpa dengan nilai fas 0.5 berdasarkan tabel 4.6. kemudian titik pertemuan digambarkan garis lengkung putus-putus secara proposional, setelah itu pada sumbu y (kuat tekan rata-rata) yang direncanakan sebesar $f'_{cr} = 32,23$ MPa. Tarik garis nilai 32.23 Mpa pada grafik sampai menyentuh garis putus-putus, kemudian tarik ke arah bawah nilai fas maka didapat nilai fas sebesar 0.54.

4. Menentukan nilai faktor air semen maksimum

Untuk beton yang berada di dalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif

maka diperoleh faktor air semen maksimum 0,6.

Tabel 8. Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagai Macam pembetonan dalam lingkungan khusus

JenisKonstruksi	Jumlah Semen min./m ³ Beton (kg)	Nilai F.a.s Maksimum
Beton dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan olehkondensasi atau uap-uapan korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau airtanah	375	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air :		
a. Air tawar	275	0,57
b. Air laut	375	0,52

Sumber : SNI 03-2834-2000

5. Menetapkan nilai slump

Tinggi slump perencanaan yang ditetapkan sebesar 60 – 180 mm.

6. Menetapkan ukuran butir agregat maksimum

Ukuran butir agregat maksimum yang digunakan yaitu 40 mm.

5. Menetapkan nilai kadar air bebas

Untuk menentukan kadar air bebas, lihat pada tabel 4.8 untuk agregat gabungan antara pasir alami dan batu pecah, maka kadar air bebas harus diperhitungkan 175 Kg/m³ dan 205 Kg/m³ dengan nilai slump 60 – 180 mm dan baris maksimum agregat 40 mm.

Tabel 9. Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Besarnya Ukuran Maks. Kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	30 - 60	30 - 60	60 - 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berdasarkan tabel diatas, maka perkiraan kebutuhan air per meter kubikbeton, antara lain:

$$\begin{aligned}
 W &= 2/3 W_h + 1/3 W_k \\
 &= 2/3 (175 \text{ kg/m}^3) + 1/3 (205 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 185 \text{ Kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Maka, dari perhitungan diperoleh nilai kadar air bebas sebesar 185 Kg/m³

6. Menghitung Kebutuhan semen

Jumlah kebutuhan smen dihitung berdasarkan persamaan

$$\begin{aligned}
 W_{\text{air}} & \\
 W_{\text{semen}} &= \frac{\text{---}}{fas \ 185} \\
 &= \frac{\text{---}}{0.54} \\
 &= 342.59 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat jumlah kebutuhan semen sebesar 342.59 Kg.

7. Menetapkan semen minimum

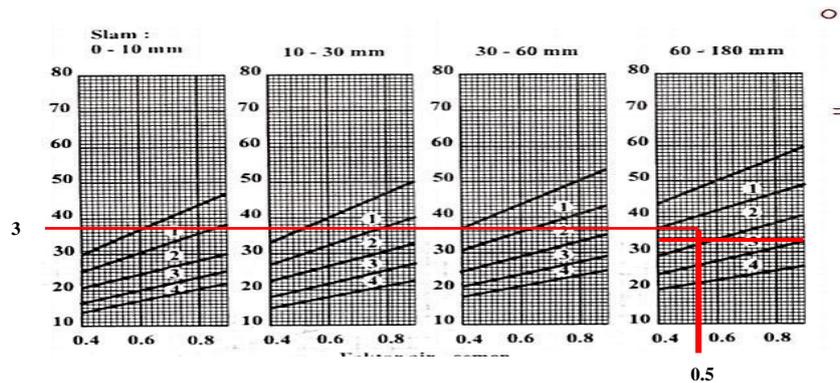
Berdasarkan tabel 4.7 maka diperoleh semen minimum 275 kg dengan kondisi beton berada dalam ruang bangunan keadaan keliling non korosif.

8. Menetapkan kebutuhan semen yang digunakan

Berdasarkan tabel 4.7 maka diperoleh semen minimum sebesar 275 kg, dari hasil perhitungan kebutuhan semen sebesar 342.59 Kg. Dari kedua nilai kebutuhan semen yang digunakan adalah nilai yang paling besar yaitu 342.59 Kg.

9. Menentukan persentase agregat halus dan kasar

Persentase jumlah agregat ditentukan dari besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen (fas) dan daerah gradasi agregat halus. Untuk agregat halus dapat dilihat pada gambar dibawah ini dengan penggunaan ukuran maksimum butir 40 mm, slump 60-180 mm, serta digunakan gradasi zona II dari hasil pengujian Modulus Kehalusan Butir (MHB) agregat halus.



Gambar 5. Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk butir maksimum 40 mm

Adapun langkah-langkah penentuan presentase agregat, sebagai berikut :

- Buat garis lurus di setiap tepi zona II, kemudian garis di tengah pada area tepi zona II
- Tarik garis lurus ke atas melalui faktor air semen yang sudah didapat sebelumnya 0,54 sampai memotong garis tengah pada zona II
- kemudian tarik ke arah sumbu Y (presentase pasir) maka di dapat presentase pasir sebesar 38%
- Nilai presentase agregat halus dan kasar dapat di hitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$\begin{aligned}
 \%AK &= 100\% - AH \\
 &= 100\% - 38 \\
 &= 62\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di dapat nilai persentase agregat halus (%AH) sebesar 38% dan persentase agregat kasar (%AK) sebesar 62%

10. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan

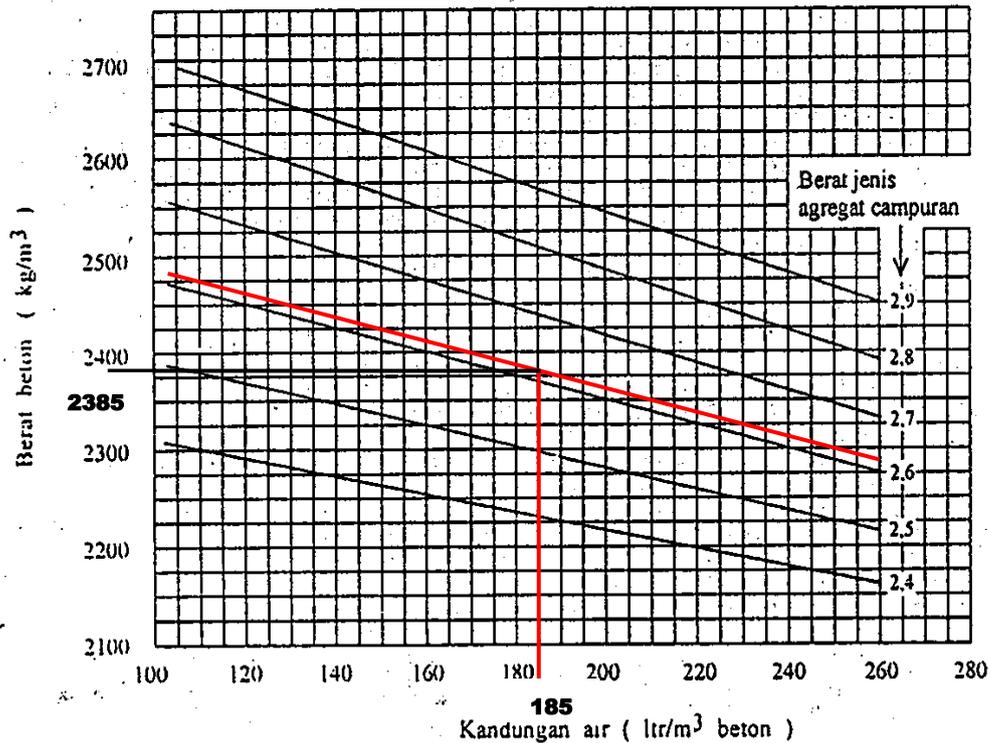
Berat jenis agregat halus dan agregat kasar dapat di ketahui dari pengujian berat jenis SSD antara lain : untuk berat jenis agregat halus (BJ_{AH}) sebesar 2,54 dan berat jenis agregat kasar (BJ_{AK}) sebesar 2,69.

Maka berat jenis agregat gabungan dapat di hitung menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 BJ_{gabungan} &= (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \\
 &= (38\% \times 2,54) + (62\% \times 2,69) \\
 &= (0,965) + (1,667) \\
 &= 2,63
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di dapatkan berat jenis agregat gabunganya ($Bj_{gabungan}$) yaitu sebesar 2,63

11. Menentukan berat isi beton



Gambar 6. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan

Berat isi beton basah di tentukan berdasarkan grafik pada gambar 4.5 dengan memasukan berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas. Adapun langkah-langkah menentukan berat isi beton dari gambar diatas,sebagai berikut :

- Buat kurva baru sesuai dengan dengan berat jenis agregat gabungan secara proporsional dengan memperhatikan kurva sebelah atas dan bawahnya yang sudah ada
- Tarik garis tegak lurus keatas dari nilai kadar yang digunakan yaitu 185 kg/m³ sampai memotong kurva baru berat jenis gabungantersebut
- Kemudian dari titik potong tersebut, di tarik garis mendatar ke arahkiri sampai memotong sumbu tegak
- Dari penarikan garis tersebut di dapatkan nilai berat isi beton sebesar2385 kg/m³

12. Menghitung berat agregat gabungan

$$\begin{aligned}
 W_{\text{gabungan}} &= W_{\text{isi beton basah}} - W_{\text{semen}} - W_{\text{air}} \\
 &= 2385 \text{ Kg/m}^3 - 342,59 \text{ Kg/m}^3 - 185 \text{ Kg/m}^3 \\
 &= 1857,41 \text{ Kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di dapatkan berat agregat gabungan sebesar1857,41 Kg/m³

13. Menghitung berat agregat halus

$$\begin{aligned}
 W_{\text{AH}} &= (W_{\text{isi beton basah}} - W_{\text{semen}} - W_{\text{air}}) \times \% \text{AH} \\
 &= (2385 - 342,59 - 185) \times 0,38 \\
 &= 705,81 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di dapatkan berat agregat halus sebesar 705,81Kg/m³

14. Menghitung berat agregat kasar

$$\begin{aligned}
 W_{\text{AK}} &= (W_{\text{isi beton basah}} - W_{\text{semen}} - W_{\text{air}}) \times \% \text{AK} \\
 &= (2385 - 342,59 - 185) \times 0,62 \\
 &= 1151,59 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di dapatkan berat agregat kasar sebesar 1151,59 Kg/m³

15. Menghitung proporsi campuran

Dari hasil perhitungan perancangan campuran beton (*mix design*), diperoleh proporsi bahan-bahan untuk membuat 1 m³ campuran beton dengan target kuat tekan rencana $f'c = 32,23$ Mpa (250 Kg/cm²), adalah :

- a) Semen : 342,59 Kg/m³
- b) Air : 185 Kg/m³
- c) Agregat halus : 705,81 Kg/m³
- d) Agregat kasar : 1151,59 Kg/m³

Dari data hasil perhitungan proporsi campuran bahan dasar tersebut diperoleh perbandingan campuran sebagai berikut :

1 PC : 0,54 AIR : 2.06 AG.HALUS : 3.36 AG.KASAR

Tabel 10. Perhitungan Mix Design Mengacu SNI 03-2843-2000

NO	URAIAN	INTRUKSI	NILAI	SATUAN
1	Kuat Tekan yang di syaratkan (f'c)	Direncanakan	20,75 Mpa	
2	Deviasi Standar (Sr)	Ditetapkan	7 Mpa	
3	Nilai Tambah (M)	1,64 x Sr	11,48 Mpa	
4	Kuat Tekan Rata - rata yang ditargetkan $f'c + M$		32.23	
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Portland Tipe 1	
6	Jenis agregat - kasar - halus			
	Kasar	Ditetapkan	Batu Pecah	
	Halus	Ditetapkan	Pasir	
7	Faktor air semen bebas	Gambar 4.3	0.54	
8	Faktor air semen maksimum	Tabel 4.7	0.6	
9	Slump (mm)	Ditetapkan	Slump 60 - 180	mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40	mm
11	Kadar air bebas (kg/m ³)	Tabel 4.8	185	Kg/m ³
12	Jumlah semen	11:7	342.59	Kg/m ³
13	Jumlah semen minimum	Tabel 4.7	275	Kg/m ³
14	Jumlah semen yang digunakan	Jmlah Semen yg >	342.59	Kg/m ³
15	Presentase agregat halus : agregat kasar	Hasil Perhitungan	38 : 62	
16	Berat jenis relative kondisi SSD	Hasil Perhitungan	2.63	Kg/m ³
	Berat jenis relative kondisi SSD Pasir	Hasil Pengujian	2.54	Kg/m ³
	Berat jenis relative kondisi SSD Batu Pecah	Hasil Pengujian	2.69	Kg/m ³
17	Berat isi beton kg/m ³	Gambar 4.5	2385	Kg/m ³
18	Berat agregat gabungan	No.(17 - 12 - 11)	1857.41	Kg/m ³
19	Berat agregat halus	= % Ag. Halus x No. 1	705.81	Kg/m ³
20	Berat agregat kasar	= % Ag. Kasar x No	1151.59	Kg/m ³
21	Proporsi campuran			
		SEMEN (KG)	AIR (Kg/Ltr)	AGREGAT KONDISI SSD (KG)

			Halus Kasar
Tiap m ³	342.59	185	705.81 1151.59
22	1 PC : 0.54 AIR : 2.06 AG. HALUS : 3.36 AG. KASAR		

Dari hasil diatas akan dihitung kebutuhan m³ dengan benda uji silinder ukurandiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. maka untuk volume 3 bh benda uji, yaitu :

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{4} \times \pi \times d \times d \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.15 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} \\
 &= 0.0053 \text{ m}^3 + (10\% \times V \text{ (Safety Factor)}) \\
 &= 0.00583 \text{ m}^3 \times 3 \text{ bh} \\
 &= 0.0175 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Proporsi Kebutuhan material untuk 3 Bh benda uji:

1. Semen = $W_{\text{Semen}} \times \text{Volume}$
 = 342.59 Kg/m³ x 0.0175 m³
 = 5.995 Kg
2. Air = $W_{\text{Air}} \times \text{Volume}$
 = 185 Kg/m³ x 0.0175 m³
 = 3.238 Kg
3. BatuPecah = $W_{\text{BatuPecah}} \times \text{Volume}$
 = 1151.59 Kg/m³ x 0.0175 m³
 = 20.153 Kg
4. Pasir = $W_{\text{Pasir}} \times \text{Volume}$
 = 705.81 Kg/m³ x 0.0175 m³
 = 12.352 Kg

Tabel 11. Proporsi Campuran Material Beton

No	Material	Jumlah masing – masing material untuk campuran beton dengan bahan cangkang telur sebagai bahan pengganti sebagian semen (KG)				
		0%	1%	2%	3%	4%
1	Semen	5.995	5.935	5.875	5.815	5.755
2	Air	3.238	3.238	3.238	3.238	3.238
3	BatuPecah	20.153	20.153	20.153	20.153	20.153
4	Pasir	12.352	12.352	12.352	12.352	12.352
5	CangkangTelur	-	0.06	0.12	0.18	0.24

3.2 Hasil Pengujian Silinder Beton

Tabel 12. Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder

No Benda Uji	Tanggal		Umur Beton	Dimensi Silinder		Bert Sam t	Beban Konve n	Beban rsi	Luas	Kuat Tekan Hancur	Koef. Umur7 Hari	Kuat tekan hancur umur 28 hari	Rata-rata Kuat tekan hancur umur 28 hari		
	Dicor	Diuji		D (Diame ter)	T (Tinggi)									(Kg)	(KN)
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k) =i)* j)	l)	m) = k) : l)	n)	o) =m) : n)	
A. Sampel 0%															
1	Sampel 1	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,24	280	101,97	28551,6	176,625	161,651	0,65	248,694	257,576
2	Sampel 2	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,72	290	101,97	29571,3	176,625	167,424		257,576	
3	Sampel 3	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,62	300	101,97	30591,7	176,625	173,197		266,458	
B. Sampel 1%															
1	Sampel 1	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,28	285	101,97	29061,45	176,625	164,538	0,65	253,135	227,969
2	Sampel 2	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,22	240	101,97	24472,8	176,625	138,558		213,166	
3	Sampel 3	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,46	245	101,97	24982,65	176,625	141,445		217,607	

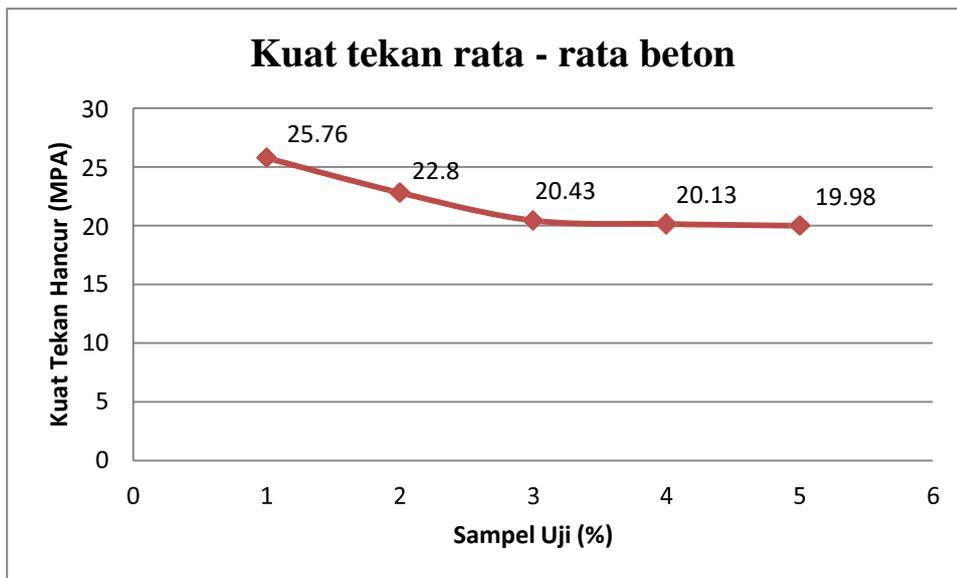
C. Sampel 2%															
1	Sampel 1	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,18	210	101,97	21413,7	176,625	121,238	0,65	186,520	204,284
2	Sampel 2	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,28	210	101,97	21413,7	176,625	121,238		186,520	
3	Sampel 3	29-Nov-21	06-Nov-21	7	15	30	12,15	270	101,97	27531,9	176,625	155,878		239,812	
D. Sampel 3%															
1	Sampel 1	30-Nov-21	07-Nov-21	7	15	30	12,38	210	101,97	21413,7	176,625	121,238	0,65	186,520	201,324
2	Sampel 2	30-Nov-21	07-Nov-21	7	15	30	12,35	260	101,97	26512,2	176,625	150,104		230,930	
3	Sampel 3	30-Nov-21	07-Nov-21	7	15	30	12,54	210	101,97	21413,7	176,625	121,238		186,520	
E. Sampel 4%															
1	Sampel 1	30-Nov-21	07-Nov-21	7	15	30	12,62	210	101,97	21413,7	176,625	121,238	0,65	186,520	199,843
2	Sampel 2	30-Nov-21	07-Nov-21	7	15	30	12,67	225	101,97	22943,7	176,625	129,898		199,843	
3	Sampel 3	30-Nov-21	07-Nov-21	7	15	30	12,68	240	101,97	24472,8	176,625	138,558		213,166	

Sumber : Hasil Pengujian 2021

Tabel 13. Rata-Rata Uji Kuat Tekan Silinder $f'_c = 20,75$ MPa

No	Benda Uji	Rata-rata kuat hancur 28 Hari (Kg/cm ²)	Rata-rata kuat hancur 28 Hari (MPa)
1	Sampel 0%	257,576	25,76
2	Sampel 1%	227,969	22,80
3	Sampel 2%	204,284	20,43
4	Sampel 3%	201,324	20,13
5	Sampel 4%	199,843	19,98

Sumber : Hasil Pengujian, 2021



Gambar 7. Grafik Kuat tekan rata-rata beton

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar % serbuk cangkangtelur maka kuat tekan beton semakin menurun.

3.3 Analisa Anggaran Biaya

Adapun harga/kg material untuk campuran Beton, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 14. Daftar Biaya Material Campuran Beton

No	Material	Berat Jenis	Harga	Harga/Kg
1	Semen (50 Kg/sak)	-	Rp.60.000	=Rp.60.000/50 sak = Rp.1200
2	Pasir	1400 Kg/m ³	Rp.100.000	=Rp.100.000/1400 Kg/m ³

				= Rp.71.5
3	Batu Pecah	1450 Kg/ m ³	Rp.240.000	=Rp.240.000/1450 Kg/m ³
				= Rp.165.6

Sumber : Hasil analisa, 2021

Tabel 15. Daftar Biaya Kebutuhan Material/Kg Tiap % Cangkang Telur

No	Material	Harga /kg	Presentasi cangkang telur (RP)				
			0%	1%	2%	3%	4%
1	Semen	1200	7194	7122	7050	6978	6930
2	Pasir	71.5	883.17	883.17	883.17	883.17	883.17
3	Batu pecah	165.6	3337.34	3337.34	3337.34	3337.34	3337.34
Total			11414.5	11342.5	11270.5	11198.5	11150.5

Sumber : Hasil analisa, 2021

Berdasarkan perhitungan proporsi material beton pada tabel 4.10 dan daftar biaya kebutuhan material tabel 4.14 pada tabel diatas, maka dapat dihitung perbandingan biaya untuk presentasi 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%, antara lain :

1. Beton Normal (tanpa % cangkang telur)

a. Biaya Semen = $W_{\text{Semen}} \times \text{Daftar Analisa}$
 $= 5.995 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.1200}$
 $= \text{Rp.7194}$

b. Biaya Pasir = $W_{\text{Pasir}} \times \text{Daftar Analisa}$
 $= 12,352 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.71,5}$
 $= \text{Rp.883,17}$

c. Biaya Batu Pecah = $W_{\text{Batu Pecah}} \times \text{Daftar Analisa}$
 $= 20.153 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.165,6}$
 $= \text{Rp.3.337,34}$

Berdasarkan hasil perhitungan biaya untuk beton normal untuk keseluruhan biaya material untuk pengecoran beton 0% sebesar Rp. 11.414,5

2. Beton dengan 1% cangkang telur

a. Biaya Semen = $W_{\text{Semen}} \times \text{Daftar Analisa}$
 $= 5.935 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.1200}$
 $= \text{Rp.7.122}$

b. Biaya Pasir = $W_{\text{Pasir}} \times \text{Daftar Analisa}$
 $= 12.352 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.71,5}$
 $= \text{Rp.883,17}$

c. Biaya Batu Pecah = $W_{\text{Batu Pecah}} \times \text{Daftar Analisa}$
 $= 20.153 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.165,6}$
 $= \text{Rp. 3.337,34}$

Berdasarkan hasil perhitungan biaya untuk beton normal untuk keseluruhan biaya material untuk penggunaan 1% serbuk cangkang telur pada beton sebesar Rp. 11.342,5

3. Beton dengan 2% cangkang telur

a) Biaya Semen = $W_{\text{Semen}} \times \text{Daftar Analisa}$
 $= 5.875 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.1200}$
 $= \text{Rp.7.050}$

b) Biaya Pasir = $W_{\text{Pasir}} \times \text{Daftar Analisa}$
 $= 12.352 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.71,5}$
 $= \text{Rp.883,17}$

$$\begin{aligned} \text{c) Biaya Batu Pecah} &= W_{\text{Batu Pecah}} \times \text{Daftar Analisa} \\ &= 20.153 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp.165,6} \\ &= \text{Rp.3.337,34} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan biaya untuk beton normal untuk keseluruhan biaya material untuk penggunaan 2% serbuk cangkang telur pada beton sebesar Rp. 11.270,5

4. Beton dengan 3% cangkang telur

$$\begin{aligned} \text{a) Biaya Semen} &= W_{\text{Semen}} \times \text{Daftar Analisa} \\ &= 5.815 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp. 1200} \\ &= \text{Rp.6.978} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Biaya Pasir} &= W_{\text{Pasir}} \times \text{Daftar Analisa} \\ &= 12.352 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp. 71,5} \\ &= \text{Rp.883,17} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Biaya Batu Pecah} &= W_{\text{Batu Pecah}} \times \text{Daftar Analisa} \\ &= 20.153 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp. 165,6} \\ &= \text{Rp.3.337,34} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan biaya untuk beton normal untuk keseluruhan biaya material untuk penggunaan 3% serbuk cangkang telur pada beton sebesar Rp. 11.198,5

5. Beton dengan 4% cangkang telur

$$\begin{aligned} \text{a) Biaya Semen} &= W_{\text{Semen}} \times \text{Daftar Analisa} \\ &= 5.755 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp. 1200} \\ &= \text{Rp.6.930} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Biaya Pasir} &= W_{\text{Pasir}} \times \text{Daftar Analisa} \\ &= 12.352 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp. 71,5} \\ &= \text{Rp.883,17} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Biaya Batu Pecah} &= W_{\text{Batu Pecah}} \times \text{Daftar Analisa} \\ &= 20.153 \text{ Kg/m}^3 \times \text{Rp. 165,6} \\ &= \text{Rp.3.337,34} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan biaya untuk beton normal untuk keseluruhan biaya material untuk penggunaan 4% serbuk cangkang telur pada beton sebesar Rp. 11.150,5

Tabel 16. Daftar Biaya Kebutuhan Material (0,0175 m³)

No	% Cangkang telur	Biaya (Rp) 0,0175 m ³	Biaya (Rp) 1 m ³
1	0%	11.414,5	652.257,14
2	1%	11.342,5	648.142,86
3	2%	11.270,5	644.028,57
4	3%	11.198,5	639.914,29
5	4%	11.150,5	637.171,43

Sumber : Hasil analisa, 2021

Berdasarkan perhitungan biaya proporsi material beton pada tabel 16. dan daftar biaya kebutuhan material tiga buah benda uji (0,0175m³) untuk kebutuhan per m³ pada tabel diatas, maka dapat dihitung lain :

1. Beton Normal (tanpa % cangkang telur)

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^3 &= 1 : V_{\text{silinder}} \times \text{Biaya} \\
 &= 1 : 0,0175 \times 11.414,5 \\
 &= 652.257,14
 \end{aligned}$$

Bedasarkan perhitungan $1 \text{ m}^3 = \text{Rp } 652.257,14$

2. Beton dengan 1% cangkang telur

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^3 &= 1 : V_{\text{silinder}} \times \text{Biaya} \\
 &= 1 : 0,0175 \times 11.342,5 \\
 &= 648.142,86
 \end{aligned}$$

Bedasarkan perhitungan $1 \text{ m}^3 = \text{Rp } 648.142,86$

3. Beton dengan 2% cangkang telur

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^3 &= 1 : V_{\text{silinder}} \times \text{Biaya} \\
 &= 1 : 0,0175 \times 11.270,5 \\
 &= 644.028,57
 \end{aligned}$$

Bedasarkan perhitungan $1 \text{ m}^3 = \text{Rp } 644.028,57$

4. Beton dengan 3% cangkang telur

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^3 &= 1 : V_{\text{silinder}} \times \text{Biaya} \\
 &= 1 : 0,0175 \times 11.198,5 \\
 &= 644.028,57
 \end{aligned}$$

Bedasarkan perhitungan $1 \text{ m}^3 = \text{Rp } 639.914,29$

5. Beton dengan 4% cangkang telur

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^3 &= 1 : V_{\text{silinder}} \times \text{Biaya} \\
 &= 1 : 0,0175 \times 11.150,5 \\
 &= 637.171,43
 \end{aligned}$$

Bedasarkan perhitungan $1 \text{ m}^3 = \text{Rp } 637.171,43$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap Beton dengan penambahan sebagian serbuk cangkang telur dengan beton normal, maka dapat diambil kesimpulan 1) Pengaruh perbandingan nilai kuat tekan beton normal dan beton menggunakan serbuk cangkang telur: Pada beton normal memberikan kuat tekan sebesar 25,76 MPa, Trial mix dengan cangkang telur 1% memberikan kuat tekan sebesar 22,80 MPa, Trial mix dengan cangkang telur 2% hari memberikan kuat tekans sebesar 20,43 MPa, Trial mix dengan cangkang telur 3% pada kuat tekan hancur memberikan kuat tekan sebesar 20,13 MPa, Trial mix dengan cangkang telur 4% pada kuat tekan memberikan kuat tekan 19,98 MPa. 2) Dari hasil pengujian ini semakin bertambahnya jumlah presentase cangkang telur ayam maka kuat tekan beton semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriani, S., & Farida, I. (2017). Penggunaan limbah cangkang telur, abu sekam, dan copper slag sebagai material tambahan pengganti semen. *Jurnal Konstruksi*, 15(1), 46–56.
- Halim, Z. A., & Amiruddin, A. (2024). Studi Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi terhadap Beton Mutu Tinggi. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 166–174.
- Lantang, F. N., Sompie, B. F., & Malingkas, G. Y. (2014). Perencanaan biaya dengan menggunakan perhitungan biaya nyata pada proyek perumahan (Studi kasus Perumahan Green Hill Residence). *Jurnal Sipil Statik*, 2(2).
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (fly ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6).
- Pohan, R. F., & Rambe, M. R. (2022). Beton Ramah Lingkungan Dengan Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Semen. *Jurnal Metiks*, 2(1), 15–19.
- Puspitasari, I., & Uisharmandani, L. (2023). Kajian Eksperimental Beton Menggunakan

- Admixture Sika Viscocrete 3115N Untuk Meningkatkan Kuat Tekan. *Jurnal TEDC*, 17(1), 28–35.
- Qomaruddin, M., Munawaroh, T. H., & Sudarno, S. (2018). Studi Komparasi Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Beton Konvensional. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, 1(1).
- Rajak, F. S. A., Dapas, S. O., & Sumajouw, M. D. J. (2020). Pengujian Kuat Tekan Beton Yang Menggunakan Agregat Lokal Dengan Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dan Batu Apung Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 8(2).
- Sahendra, R. (2021). *Pemanfaatan Penambahan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Kuat Tekan Beton*. Universitas Islam Riau.
- Siahaan, N. S. M., Sumajouw, M. D. J., & Mondoringin, M. R. (2020). Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4).
- Supit, F. V., Pandaleke, R., & Dapas, S. O. (2016). Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(2).
- Syarif, M. (2019). Analisis Sifat Fisik Semen Organik Terbuat dari Bahan Limbah Daur Ulang. *Jurnal Linears*, 2(1), 18–23.
- Tomayahu, Y. (2016). Analisa Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Pembangunan Jalan Isimu-Paguyaman (Pavement Rigid). *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo*, 4(2).
- Trisnoyuwono, D. (2015). Pengaruh penambahan fly ash terhadap sifat workability dan sifat fisik-mekanik beton non pasir dengan agregat alwa asal Cilacap. *Rekayasa Sipil*, 9(1), 29–36.
- Tumbel, G. W. Y., Dapas, S. O., & Mondoringin, M. R. (2020). Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3).
- Yuwanta, T. (2010). *Telur dan kualitas telur*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.