

PERFORMA BETON ABU CANGKANG TELUR SEBAGAI BAHAN TAMBAH SEMEN

Mochamad Nur Abidin¹, Qomariah², Armin Naibaho³.

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹,

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: abidgreen@yahoo.com¹; qomariah@polinema.ac.id²; armin.naibaho@polinema.ac.id³.

ABSTRAK

Dunia konstruksi telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Semakin tingginya kebutuhan bahan pembangunan infrastruktur, penyerapan energi untuk mendukung aktivitas tersebut tentunya akan semakin besar. Untuk sebuah negara seperti Indonesia, oleh karena itu, perlu adanya alternatif untuk memanfaatkan limbah yang terbuang seperti cangkang telur. Dengan jumlah limbah cangkang telur yang banyak dengan menggilingnya bisa digunakan sebagai pengganti sebagian atau keseluruhan semen. Penelitian ini bertujuan menganalisis beton substitusi abu cangkang telur terhadap semen tinjauan kuat tarik belah dan kuat tekan. Metode penelitian ini menggunakan perancangan campuran beton menggunakan SNI 03-2834-2000. Sampel benda uji setiap variasi 0%, 5%, 7,5%, dan 10% berjumlah 8 benda uji silinder untuk pengujian kuat tarik belah dan 72 benda uji silinder untuk pengujian kuat tekan. Hasil pengujian kuat tarik belah umur 28 hari secara berturut-turut untuk variasi 0%, 5%, 7,5%, dan 10% sebesar 13,33 kg/cm²; 12,98 kg/cm²; 10,18 kg/cm²; dan 10,33 kg/cm². Hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari secara berturut-turut untuk variasi 0%, 5%, 7,5%, dan 10% sebesar 37,97 kg/cm²; 36,59 kg/cm²; 22,63 kg/cm²; dan 28,64 kg/cm². Biaya rata-rata pengujian secara berturut-turut untuk variasi 0%, 5%, 7,5%, dan 10% sebesar Rp 1,040,217,00/m³; Rp 1.163.669,00/m³; Rp 1.225.398,67/m³; dan Rp 1.287.125,9/m³. Substitusi abu cangkang telur menurunkan nilai kuat tarik belah rata-rata, nilai kuat tekan rata-rata dan semakin banyak substitusi abu cangkang telur terhadap semen maka pengeluaran biaya anggaran semakin tinggi.

Kata kunci : limbah abu cangkang telur, semen, kuat tekan, kuat tarik belah.

ABSTRACT

The world of construction has progressed rapidly. The greater the need for fuel for infrastructure development, encouraging energy to support this need will be even greater. For a country like Indonesia, therefore, there needs to be an alternative to utilize wasted waste such as egg shells. This study aims to analyze the substitution of eggshell ash against cement in terms of split tensile strength and compressive strength. This research method uses the design of a concrete mixture using SNI 03-2834-2000. Samples of test objects for each variation are 0%, 5 %, 7.5%, and 10% stated that 8 cylindrical specimens were used for split tensile strength testing and 72 cylindrical specimens were used for compressive strength testing. The results of the tensile strength tester at the age of 28 consecutive days for variations of 0%, 5%, 7.5%, and 10% were 13.33 kg / cm²; 12,98kg / cm²; 10.18 kg / cm²; and 10.33 kg / cm². The results of the 28 day age compressive strength test completely contributed to the variations of 0%, 5%, 7.5%, and 10% of 37.97 kg / cm²; 36.59 kg / cm²; 22.63 kg / cm²; and 28.64 kg / cm². The average cost of testing in a row for variations of 0%, 5%, 7.5% and 10% in the amount of Rp 1,040,217.00 / m³; IDR 1,163,669.00 / m³; IDR 1,225,398.67 / m³; and IDR 1,287,125.9 / m³. The substitution of eggshell ash decreases the average tensile strength value, the average compressive strength value and the more eggshell ash substitutions for cement, the higher the budget expenditure.

Keywords : egg shell ash waste, cement, compressive strength, tensile strength.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu komponen penyangga dalam sebuah konstruksi. Beton memiliki fungsi yang

vital terutama untuk struktur suatu bangunan. penggunaan beton pada sebuah gedung, ruko, rumah tinggal berbeda dengan penggunaan beton untuk jalan.

Pada umumnya beton memiliki tekstur yang padat dan kedap air, hal tersebut juga mempengaruhi berat jenis beton itu sendiri, berat jenis beton normal cenderung tinggi sehingga mempengaruhi beban yang di terima oleh pondasi.

Selain berat jenis beton yang tinggi bahan baku pembuatan beton pun masih mengandalkan sumber daya alam, salah satunya yaitu penggunaan batu belah atau koral yang biasanya dipakai untuk campuran beton. Hal tersebut apabila terjadi secara terus menerus maka sumber daya alam dapat menipis dan akhirnya habis, maka di perlukan bahan pengganti yang di dapat dari limbah atau bahan yang sudah tidak terpakai lagi.

Dalam ilmu teknik sipil inovasi sangat di butuhkan terutama untuk mengatasi permasalahan yang ada, salah satunya masalah dampak lingkungan yang diakibatkan dari penggunaan agregat atau bahan dari alam yang tidak dapat diperbarui dengan cara memanfaatkan limbah dari rumah tangga yaitu cangkang telur sebagai pengurangan penggunaan semen.

Tabel 1. Perbandingan Semen PCC dan Abu Cangkang Telur

Oksida	Nama Umum	Kadar (%)	
		Semen	ACT
CaO	Kapur	63	95,69
SiO ₂	Silika	22	-
Al ₂ O ₃	Alumunium	6	-
Fe ₂ O ₃	Ferrit Oksida	2,5	1,31
MgO	Magnesia	2,5	0,3
K ₂ O	Alkalis	2,6	0,10
Na ₂ O	Disodium Oksida	0,6	4,9
SO ₂	Sulfur Dioksida	2	-

Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, (2007:31) Penelitian Laboratorium Mineral dan Material Maju UM (2020).

Bahan ini dipilih sebagai bahan campuran karena mengingat di Kota Malang sendiri limbah rumah tangga cangkang telur sangat banyak dan terbuang tanpa penanganan khusus, dengan adanya pengolahan limbah ini tentu akan mengurangi sampah yang di hasilkan dari sampah rumah tangga, selain itu kandungan dari cangkang telur banyak mengandung zat kalsium oksida (CaO) sebesar 95,69% di dalam cangkang telur. Maka dari itu, pada penelitian ini dilakukan analisa penggunaan limbah abu cangkang telur sebagai substitusi semen pada beton normal.

2. METODE

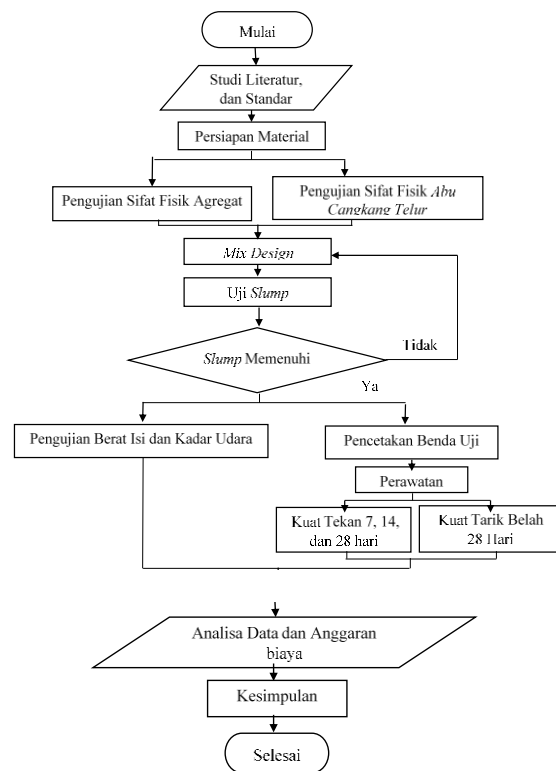
Pada Penelitian ini metode yang dilakukan dengan cara membandingkan rencana beton $f_c' = 20$ Mpa sebagai kontrol dengan beton. Beton tersebut akan diuji dengan kuat tarik

belah dan kuat tekan beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah abu cangkang telur sebagai substitusi semen pada campuran beton.

Penelitian ini merupakan referensi dari penelitian (Sitprus, Torang, Kardeni, Emilia, Nursyamsi, n.d.) Menguji Abu Cangkang telur dan Abu Kerak Boiler dan (Alim et al., m.d.) menguji Cangkang telur dan Fly ash, dari kedua penelitian tersebut menguji abu sebagai pengganti sebagian semen untuk mencari kontribusi semen pada komposisi terhadap kuat tekan beton.

Pada penelitian abu cangkang telur diambil komposisi abu cangkang telur sebagai pengganti semen dengan variasi 0%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat semen yang digunakan. Variable yang dihasilkan dari kuat tarik belah dan kuat tekan beton.

Alur Penelitian (Flowchart)



Gambar 1. Alur Penelitian (Flowchart)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

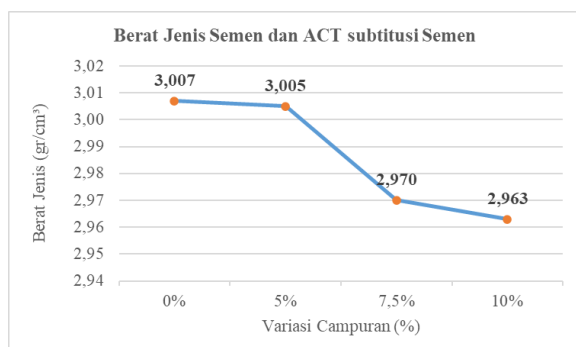
Analisa Pengujian Abu Cangkang Telur

Pengujian ini adalah salah satu syarat dari perlakuan pengganti semen. Hasil pengujian Berat Jenis Semen, Konsistensi Normal, waktu ikat (*setting time*), dan kuat tekan mortar. Komposisi substitusi campuran yang digunakan 0%,

5%, 7,5%, dan 10% Abu Cangkang Telur. Hasil pengujian sebagai berikut.

1. Berat Jenis

Syarat berat jenis semen menurut ASTM adalah 3,15. Kenyataannya berat jenis semen yang diproduksi adalah 3,05 sampai 3,25. Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi semen dalam campuran. Pengujian berat jenis dilakukan dengan menggunakan botol Le Chatelier. Hasil pengujian berat jenis semen dengan campuran abu cangkang telur dapat di lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Berat Jenis Semen

Dari hasil pengujian berat jenis pada Gambar 2 mendapatkan hasil semen variasi 0% sebesar 3,007 gr/cm³, variasi 5% mendapatkan hasil sebesar 3,005 gr/cm³, variasi 7,5% mendapatkan hasil sebesar 2,970 gr/cm³, dan variasi 10% mendapatkan hasil sebesar 2,963 gr/cm³. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis semen yang ditambahkan variasi abu cangkang telur semakin banyak campuran maka akan mengalami penurunan.

2. Uji Konsistensi Normal

Konsistensi normal semen adalah kondisi standar menunjukkan kebebasan pasta. Konsistensi dinyatakan dengan banyaknya air yang dibutuhkan suatu pasta dalam kondisi plastis. Hasil uji konsistensi yang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Uji Konsistensi Normal

Benda Uji setiap variasi	0%			5%			7,5%			10%		
Jumlah Sampel	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Konsistensi %	28	26	23,5	24,5	23	24,5	23,5	24,5	23	24		
Penetrasi/Penurunan mm	26,5	20,5	10	17	10	16	11	15	15	9		

Berdasarkan hasil pengujian konsistensi normal pada Tabel 2 dapat di analisis kondisi standar yang menunjukkan kebasahan pasta. Banyaknya air pada semen dalam kondisi plastis 24,5% dan banyaknya air pada Abu Cangkang Telur variasi 5% substitusi semen 23%, Variasi 7,5% substitusi semen 23,5%, dan variasi 10% substitusi semen 24%. Maka, substitusi Abu Cangkang Telur pada semen mengalami

penyerapan air dan semakin banyak campuran Abu Cangkang Telur maka semakin banyak menyerap air.

3. Waktu Ikut Awal Semen

Waktu yang dibutuhkan semen bercampur dengan air kondisi plastis menjadi tidak plastis, sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu yang dibutuhkan semen bercampur dengan air kondisi plastis menjadi keras, dari awal reaksi semen bercampur dengan air menjadi pasta semen hingga cukup untuk menahan tekanan. Penelitian ini waktu ikat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Ikut Awal Semen

Benda Uji setiap variasi	0%	5%	7,5%	10%
Jumlah Air %	23,5%	23%	23,5%	24%
Waktu Penetrasi	150 menit	165 menit	255 menit	255 menit
Penetrasi	22	23	22	23

Berdasarkan hasil pengujian Waktu Pengikatan Semen pada Tabel 3 variasi 0% waktu pengikatan permulaan 150 menit, variasi ACT 5% waktu pengikatan 165 menit, variasi ACT 7,5% waktu pengikatan 255 menit, dan variasi ACT 10% waktu pengikatan 255menit. Semakin banyak campuran Abu Cangkang Telur substitusi semen maka semakin lama waktu pengikatan awal pada semen.

4. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian Kuat Tekan Mortar limbah abu cangkang telur substitusi semen. Hasil dari pengujian kuat tekan mortar limbah abu cangkang telur dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Benda Uji setiap variasi	0%			5%			7,5%			10%		
Jumlah sampel	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Kuat Tekan (kg/cm ²)	24	16	20	20	20	22	18	10	10	8	10	10
Kuat Tekan rata-rata (kg/mm ²)	20			20			10			9,33		

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan mortar pada Tabel 4 dapat di analisis bahwa kuat tekan mortar mengalami penurunan kuat tekan rata-rata umur 7 hari. Pada umur 7 hari variasi 0% sebesar 20,0 MPa, variasi 5% sebesar 20,00 MPa, variasi 7,5% sebesar 10 MPa turun 50 % dari variasi 0 %, dan variasi 10% sebesar 9,33 MPa turun 53,35%. Dari hasil pengujian kuat tekan mortar umur 7 hari mengalami penurunan variasi 7,5% turun drastis 50% dan variasi 10% turun drastis 53,35%. Penurunan kuat tekan mortar di pengaruhi unsur kimia semen yang tidak ada di unsur kimia abu cangkang telur. Unsur kimia yang tidak terkandung pada abu cangkang telur seperti SiO₂, Al₂O₃, dan SO₂. Unsur kimia yang mungkin menurunkan kuat tekan mortar di

kandungan kimia cangkang telur Lu_2O_3 , Yb_2O_3 , In_2O_3 , dan MoO_3 .

5. Hasil Uji Kandungan Kimia Abu Cangkang Telur

Pengujian untuk mengetahui kandungan kimia dalam abu cangkang telur sebagai penunjang unsur-unsur kimia yang dibutuhkan dalam pembuatan beton menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescent*). Hasil pengujian tersebut dilihat pada **Tabel 5**.

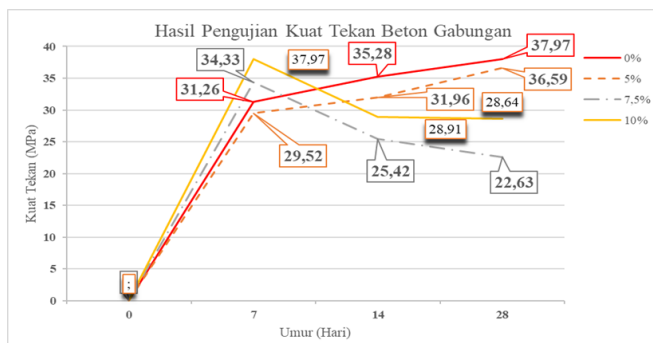
Tabel 5. Kandungan Kimia Abu Cangkang Telur

Compound	Conc Unit
SO_3	0,3%
K_2O	0,10%
CaO	95,69%
Fe_2O_3	1,31%
CuO	0,049%
MoO_3	0,4%
In_2O_3	1,7%
Yb_2O_3	0,39%
Lu_2O_3	0,1%

Hasil dari pengujian XRF unsur terbesar yang dapat dilihat Abu Cangkang Telur yaitu CaO (Kalsium Oksida).

Kuat Tekan

Dalam penelitian ini beton dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan penambahan campuran abu cangkang telur terhadap semen untuk setiap variasi sejumlah 18 buah benda uji yang terbagi 6 buah benda uji setiap 7, 14, dan 28 harinya dengan hasil pengujian dalam gambar 4 sebagai berikut :



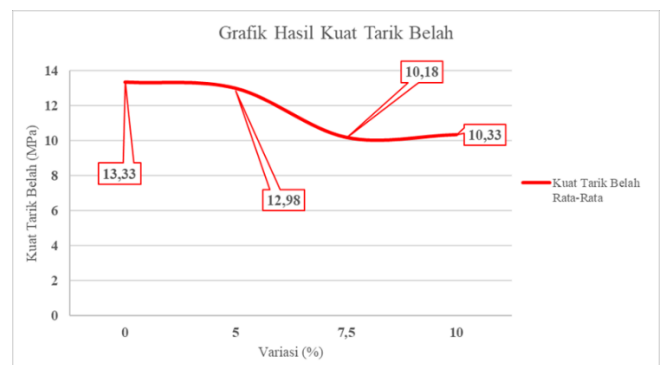
Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Beton

Pada Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa pada umur 7 hari beton memiliki kuat tekan yang berbeda-beda dari setiap variasi dengan jumlah perbedaan yang tidak terlalu signifikan yaitu 31,26 MPa untuk beton normal, 29,52 untuk beton variasi 5%, 34,33 MPa untuk beton variasi 7,5%, dan 37,97 MPa untuk beton variasi 10% Sedangkan pada umur 14 hari

beton normal memiliki nilai kuat tekan jauh lebih tinggi dari pada beton lainnya yaitu sebesar 35,28 MPa, kemudian 31,96 MPa untuk beton variasi 5%, 28,91 MPa untuk beton variasi 10%, dan 25,42 MPa untuk beton variasi 7,5%. Dilanjutkan pada umur 28 hari beton nilai kuat tekan maksimal, beton normal memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 37,97 MPa, beton variasi 5% sebesar 36,59 MPa, beton variasi 7,5% sebesar 22,63 MPa, dan beton variasi 10% sebesar 28,64 MPa. Berdasarkan hasil di atas bahwa abu cangkang telur menurunkan nilai kuat tekan pada variasi 5% sebesar 4%, variasi 7,5% sebesar 40%, dan variasi 10% sebesar 25%.

Kuat Tarik Belah

Tarik belah beton dilakukan umur 28 hari menggunakan benda uji silinder. Penelitian ini mengalami empat variasi yaitu dengan substitusi abu cangkang telur terhadap semen dengan variasi 0%, 5%, 7,5%, dan 10%. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah dengan substitusi abu cangkang telur terhadap semen meningkatkan kuat tarik belah beton.



Gambar 3. Grafik Kuat Tarik Belah Rata-rata

Berdasarkan Gambar 3 nilai dari kuat tarik belah beton mengalami penurunan dari setiap variasi substitusi yaitu 13,33 MPa, 12,98 MPa, 10,18 MPa, dan 10,33 MPa. Dapat dijelaskan bahwa substitusi abu cangkang telur justru memberikan pengaruh bahwa substitusi limbah abu cangkang telur akan menurunkan nilai kuat tarik belah, yang di mana nilai kuat tarik belah pada variasi 5% turun sebesar 3%, variasi 7,5% turun sebesar 25% dan pada variasi 10% sebesar 23% dari nilai kuat tarik belah beton variasi 0%. Penurunan ini bisa diakibatkan karena campuran Abu Cangkang Telur yang semakin banyak mempengaruhi pengikatan beton.

Perhitungan Biaya

Perencanaan pembangunan dibutuhkan perhitungan biaya material, biaya beton per m^3 digunakan untuk membandingkan biaya produksi tanpa abu cangkang telur

dengan variasi abu cangkang telur. Perhitungan biaya per m³ yang diperlukan variasi 10% dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Analisis Biaya Beton variasi 10 %

1 m ³ Beton K 250					
NO	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
A Bahan					
1	Pasir	kg	605,205	Rp. 250,00	Rp. 151.30
2	Kerikil 2/3	kg	1347,068	Rp. 250,00	Rp. 336,76
3	Semen	kg	352,727	Rp. 1250,00	Rp. 440.90
4	Abu Cangkang Telur (ACT)	kg	35,272	Rp. 7.000,00	Rp. 246.90
5	Air	lt	194	Rp. 25,00	Rp. 4.85
Jumlah Harga Bahan					Rp. 1.180,7
B Tenaga					
1	Mandor	Org/hr	0,083	Rp. 150.000,00	Rp. 12.45
2	Kepala Tukang Batu	Org/hr	0,275	Rp. 100.000,00	Rp. 27.00
3	Tukang Batu	Org/hr	0,083	Rp. 80.000,00	Rp. 6.64
4	Pekerja	Org/hr	1,005	Rp. 60.000,00	Rp. 60.30
Jumlah Harga Tenaga					Rp. 106,39
C Jumlah Bahan + Tenaga (A+B=C)					Rp. 1.287,1

Hasil Analisis Biaya setiap variasi pembuatan beton campuran abu cangkang telur ada tambahan biaya setiap variasi. Maka pada variasi 0% beton normal membutuhkan 20 benda uji silinder menghasilkan volume 0,106m³. Analisa harga satuan beton normal K250 sebesar Rp.1.040.217,00/m³. Sehingga biaya yang dihabiskan pada variasi 0% : 0,106 x Rp.1.040.217,00 = Rp. 110.263,00. Analisa harga satuan beton K250 campuran 5% abu cangkang telur sebesar Rp. 1.163.669,00/m³. Sehingga biaya yang dihabiskan pada variasi 5% : 0,106 x Rp.1.163.669,00 = Rp. 123.348,91. Analisa harga satuan beton K250 campuran 10% abu cangkang telur sebesar Rp. 1.225.398,67/m³. Sehingga biaya yang dihabiskan pada variasi 10% : 0,106 x Rp.1.225.398,67 = Rp. 129.892,25. Analisa harga satuan beton K250 campuran 5% abu cangkang telur sebesar Rp. 1.287.125,90/m³. Sehingga biaya yang dihabiskan pada variasi 5% : 0,106 x Rp.1.287.125,90 = Rp. 136.435,34. Jadi total pembuatan beton dengan setiap variasi mendapatkan jumlah Rp. 499.939,50 atau sekitar Rp.500.000,00.

Uji Anova

Perhitungan analisis varian (ANOVA) yang dilakukan dengan metode 1 arah (one way anova) dengan interaksi dan hipotesis di mana :

- H0 : Variasi campuran meningkatkan nilai kuat tekan Beton
- H1 : Variasi campuran menurunkan nilai kuat tekan Beton

Dengan dasar pengambilan keputusan menggunakan perbandingan dengan nilai F output SPSS dengan nilai F tabel, jika:

- Nilai F output SPSS < Nilai F tabel maka H0 diterima

- Nilai F output SPSS > Nilai F tabel maka H0 ditolak

Tabel 7. Pengujian ANOVA SPSS Kuat Tekan Beton ANOVA

Nilai Kuat Tekan (MPa)

	Jumlah Kuadrat	df	Kuadrat Tengah	F Hasil	F Table
Between Groups	207,327	3	671,348	69,215	3,10
Within Groups	35,551	20	9,700		
Total	242,878	23			

Berdasarkan Tabel 4.20 hasil perhitungan SPSS untuk pengujian kuat tekan nilai untuk mencari F tabel di dapatkan nilai df untuk pembilang (N1) sebesar 3 dan nilai df untuk penyebut (N2) sebesar 20, maka nilai F tabel sebesar 3,10. Kemudian untuk nilai F output didapatkan sebesar 69,215, dapat dibandingkan nilai F output dengan nilai F tabel sebagai berikut:

F output > F tabel = 69,215 > 3,10 maka H0 ditolak, H1 diterima

Dari perhitungan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa variasi campuran dalam penggunaan limbah abu cangkang telur pada pembuatan Beton menurunkan nilai kuat tekan.

4. KESIMPULAN

- Kuat Tekan beton abu cangkang telur pada umur 28 hari rata-rata dengan variasi 0% sebesar 37,97 MPa, variasi 5% sebesar 36,59 Mpa, variasi 7,5% sebesar 22,63%, dan variasi 10% sebesar 28,64%. Pada pengujian kuat tekan penurunan maksimal terjadi di variasi 7,5% dengan penurunan 40,4% dari variasi 0%.
- Kuat Tarik beton abu cangkang telur umur 28 hari dengan variasi 0% sebesar 13,33 MPa, variasi 5% sebesar 12,98 MPa, variasi 7,5% sebesar 10,18 Mpa, dan variasi 10% sebesar 10,33 Mpa. Hal ini pada campuran 10% menurunkan nilai kuat tarik 23% dibawah variasi abu cangkang telur 0%.
- Pada pembuatan beton campuran abu cangkang telur per m³ variasi 10% sebesar Rp. 1.287.125,9/m³ semakin banyak campuran abu cangkang telur maka semakin meningkatkan biaya pembuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Alim, G., Sasmita, J., Fernando, M. R., & Sugiharto, H. (n.d.). Pengaruh Substitusi Parsial Semen Dengan Cangkang Telur. 79–86.

[2] Badan Standarisasi Nasional. 2014. SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

[3] Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000 Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standarisasi

- Nasional
- [4] Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [5] Polii, R. A., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2015). Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 3(3), 206–211.
- [6] Salindri, A. (2018). BAB II Tinjauan Pustaka Gastritis. Universitas Muhammadiyah Malang, 11–29. [http://repository.unpas.ac.id/37105/1/BAB II.pdf](http://repository.unpas.ac.id/37105/1/BAB%20II.pdf)
- [7] Samekto, Wuryati dan Rahmadiyahanto, Canda. 2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- [8] Susilorin, Retno dan Adi Sambowo, Kusno. 2011. *Teknologi Beton Lanjutan Durabilitas Beton*. Semarang: Surya Perdana Semesta.
- [9] Sitorus, Torang, Kardeni, Emilia, Nursyamsi, M. (n.d.). Cangkang Telur Sebagai Tambahan Semen Dan. *Jurnal Teknik Sipil*.
- [10] SNI15-2049-2004. (2004). SNI 15-2049-2004 Semen Portland. Badan Standar Nasional Indonesia, 1–128.