### **BAB IV**

#### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Uji Pendahuluan Bahan Penyusun Beton

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah natrium hidroksida, natrium silikat yang berasal dari pasar lokal, agregat halus berasal dari Lampung, agregat kasar berasal dari Banten dan cangkang telur bebek yang berasal dari limbah sisa penjualan martabak. Sebelum melakukan penelitian, material yang akan digunakan terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan terhadap agregat kasar dan agregat kasar mengacu pada SNI 03-1968-1990 mengenai Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Tidak dilakukan pengujian terhadap cangkang telur bebek dan data karakteristik cangkang telur bebek didapat dari penelitian Santoso (2015). Hasil Pengujian pendahuluan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar

Don on !! on	Hasil Per	ngujian	Standar Pengujian Menurut SNI		
Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Kadar Lumpur	4,6 %	-	< 5%	-	
Modulus Halus Butir	4,06	9.51	1,5-3,8	-	
1. BJ Kering	2,91	2,77	1	5 – 8	
2. BJ SSD	2,93	2,32	-	-	
3. BJ Semu	2,97	2,68	-	-	
4. Penyerapan air	0,64	1,1	-	-	

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Tepung Cangkang Telur Bebek

Pengujian	<b>Tepung Cangkang Telur Bebek</b>
Berat Jenis	2,81gr/cm <sup>3</sup>
Waktu Pengikatan	10 menit

Sumber Santoso (2015)

Berdasarkan tabel 4.1 hasil pengujian kadar lumpur pada agregat halus memenuhi persyaratan dari SNI akan tetapi untuk modulus halus butir untuk agregat kasar dan agregat kasar tidak memenuhi standar dari SNI.

## 4.1.1Perhitungan Rancangan Campuran Beton

Perhitungan rancangan campuran beton ini dilakukan berdasarkan ASTM C33-02a "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal", sesuai dengan data-data hasil uji pemeriksaan agregat dengan bahan semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (*split*). Untuk campuran beton dengan mutu yang direncanakan adalah f'c 20 Mpa, dengan pertimbangan *slump* 100±20 mm, f.a.s 0,5. Maka proporsi masing-masing bahan penyusun beton tersebut seperti pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.4** Proporsi Bahan Campuran Beton per-satu buah silinder

Tabel Bahan	Berat Kg					
Tabel Ballan	Ο%	45%	60%	75%	90%	
Natrium Silikat	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	
Natrium Hidroksida	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	
Tepung Cangkang Telur	-	0,97	1,29	1,62	1,95	
Pasir (Agregat halus)	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	
Krikil (Agregat kasar)	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	
Jumlah	14,07	15,04	15,36	15,69	16,02	

Setelah direncanakan sesuai mix design sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) selanjutnya mix design dikoreksi dengan kebutuhan bahan yang dipergunakan.

# 4.2 Hasil Pengujian

#### 4.2.1 Berat Isi Beton

Setelah dilakukan perawatan dengan cara di oven dan didiamkan didalam ruangan selama 7dan 28 hari beton dilakukan pengujian berat isi beton. Berikut adalah hasil berat isi beton:

Tabel 4.5 Hasil Berat Beton Umur 7dan 28 hari

Umur	Sample	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg) 0%	Berat (kg) 45%	Berat (kg) 60%	Berat (kg) 75%	Berat (Kg) 90%
	1	30	15	10.931	11.200	11.250	11.395	11.405
	2	30	15	11.039	11.210	11.259	11.397	11.410
7	3	30	15	11.102	11.217	11.258	11.394	11.406
	Rata-rata		11.024	11.209	11.256	11.395	11.407	
	1	30	15	11.029	11.251	11.472	11.495	11.740
28	2	30	15	11.100	11.249	11.490	11.480	11.519
	3	30	15	11.050	11.350	11.395	11.510	11.499
	Rata-rata			11.060	11.283	11.452	11.495	11.586

## 4.2.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan yang didapat merupakan hasil dari beban maksimum yang diterima oleh benda uji dibagi dengan luas penampang benda uji. Data hasil pengujian kuat tekan beton untuk setiap perlakuan benda uji yang menggunakan limbah tepung cangkang telur bebek dapat dilihat pada lampiran. Hasil rata-rata kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut :

**Tabel 4.6** Hasil Kuat Tekan Beton

Umur	Commol	Kuat Tekan (MPa)					
(hari)	Sampel	0%	45%	60%	75%	90%	
	1	0	11.32	12.17	14.44	16.14	
7	2	0	10.47	12.46	14.83	16.42	
	3	0	11.89	12.74	15.29	16.14	
Rat	a-rata	0	11.23	12.46	14.83	16.23	
Umur (hari)	Sampel	KuatTekan (MPa)					
		0%	45%	60%	75%	90%	
	1	0.23	16.99	18.68	20.38	22.65	
28	2	0.11	18.68	18.40	20.67	28.31	
	3	0.40	18.40	19.53	20.38	25.48	
Rata-rata		0.74	18.02	18.87	20.48	25.48	



Gambar 4.1 Uji Tekan Beton 0%



**Gambar 4.2** Uji Tekan Beton 45%



**Gambar 4.3** Uji Tekan Beton 60%



**Gambar 4.4** Uji tekan Beton 75%



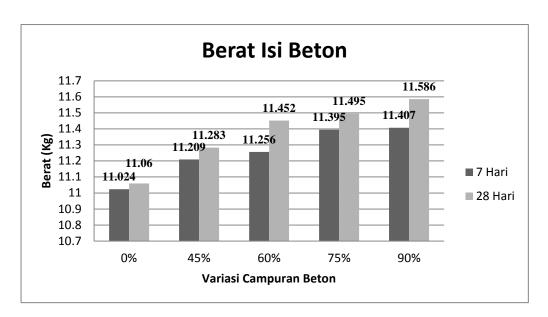
**Gambar 4.5** Uji Tekan Beton 90%

### 4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu beton rancangan f'c 20 MPa menggunakan tepung cangkang telur dengan variasi 0%, 45%, 60%, 75% dan 90% dari berat pasta geopolimer.

### 4.3.1 Berat Isi Beton

Berat isi dikelompokan menurut variasi jumlah tepung cangkang telur yang digunakan sebagai prekursor pada beton geopolimer hasil pengukuran berat isi beton dapat dilihat dalam grafik 4.6 berikut:



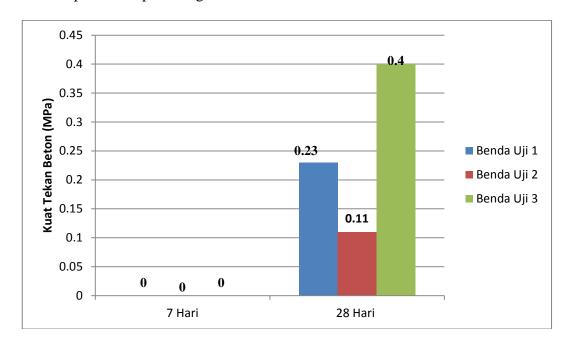
Gambar 4.6 Grafik Berat Isi Beton Uji Kuat Tekan

Berdasarkan grafik diatas dapat kita lihat bahwa penambahan tepung cangkang telur bebek dapat mempengaruhi berat isi beton. Karena berat jenis SSD tepung cangkang telur mendekati berat jenis SSD agregat halus maka kenaikan komposisi cangkang telur mempengaruhi berat isi beton.

#### 4.3.2 Kuat Tekan Beton

## 4.3.2.1 Komposisi 0% Tepung Cangkang Telur Bebek

Pembuatan benda uji beton tekan kontrol bertujuan untuk mengetahui apakah beton dengan menggunakan tepung cangkang telur sebagai bahan dasar pengganti semen mampu melebihi kuat tekan beton kontrol. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada diagram berikut :



**Gambar 4.7** Diagram Kuat Tekan Rata-rata Beton 0%

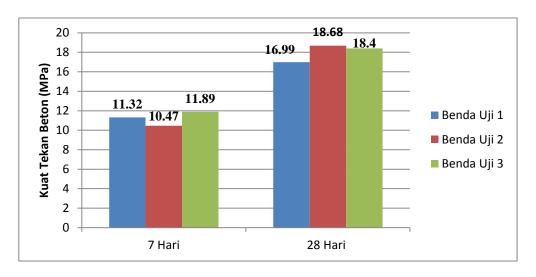
Proses pembuatan benda uji beton 0% dilakukan dengan cara yang sama seperti variasi lainnya. Pembagian tahapan dibagikan berdasarkan umur kuat tekan beton. Berdasarkan gambar 4.7 nilai kuat tekan beton berturut-turut dicapai oleh beton dengan umur 28 hari.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilampirkan kuat tekan rata – rata dari beton kontrol adalah 0,74 MPa. Kuat tekan rata – rata beton uji tekan yang dihasilkan tidak mencapai kuat tekan rencana, Hal ini dapat disebabkan oleh tidak adanya prekursor (tepung cangkang) yang mengakibatkan tidak sempurnanya

proses pengikatan pada campuran beton geopolimer. Disamping itu proses penyimpanan semua sample uji yang tidak sesuai standar memperburuk kuat tekan yang diperoleh.

## 4.3.2.2 Komposisi 45% Tepung Cangkang Telur Bebek

Pengujian beton dengan kandungan 45% tepung cangkang telur tidak berbeda dengan benda uji lainnya. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan 45% tepung cangkang telur dari berat pasta geopolimer dapat dilihat pada diagram berikut :



**Gambar 4.8** Diagram Kuat Tekan Rata-Rata Beton 45% Tepung Cangkang Telur Bebek

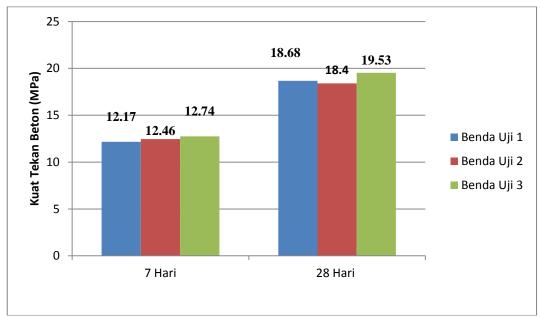
Berdasarkan gambar 4.8 didapat nilai kuat tekan rata – rata beton dengan kandungan tepung cangkang telur bebek 45% sebesar 18,02 MPa. Penggunaan limbah dengan kandungan 45% tepung cangkang telur mampu melebihi kuat tekan beton 0%.

Berdasarkan perhitungan kuat tekan rata – rata yang dihasilkan pada beton dengan kandungan tepung cangkang telur bebek 45% sebesar 18,02 MPa lebih tinggi dibandingkan dengan beton 0%. Hal ini membuktikan bahwa kandungan tepung cangkang telur bebek 45% telah mengakibatkan perubahan positif pada

kuat tekan beton karena dengan adanya tepung cangkang telur bebek akan menjadikan proses pengikatan campuran beton menjadi lebih sempurna.

## 4.3.2.3 Komposisi 60% tepung Cangkang Telur Bebek

Pengujian beton dengan kandungan 60% tepung cangkang telur bebek tidak berbeda jauh dengan benda uji lainnya. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan 60% tepung cangkang telur bebek dari berat semen dapat dilihat pada diagram berikut :



**Gambar 4.9** Diagram Kuat Tekan Rata-Rata Beton 60% Tepung Cangkang Telur Bebek

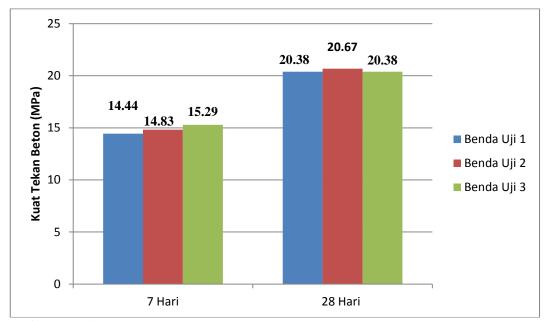
Berdasarkan gambar 4.9 didapat nilai kuat tekan maksimum beton dengan kandungan tepung cangkan telur bebek 60% sebesar 18,87 MPa. Penggunaan tepung cangkang telur bebek dengan kandungan 60% tepung cangkan telur mampu melebihi kuat tekan beton kontrol.

Berdasarkan perhitungan kuat tekan rata – rata yang dihasilkan pada beton dengan kandungan tepung cangkang telur bebek 60% sebesar 18,87 MPa lebih tinggi dibandingkan dengan beton kontrol. Hal ini membuktikan bahwa

kandungan tepung cangkang telur bebek 60% telah mengakibatkan perubahan positif pada kuat tekan beton karena dengan adanya tepung cangkang telur bebek akan menjadikan proses pengikatan akan lebih sempurna.

### 4.3.2.4 Komposisi 75% Tepung Cangkang Telur

Pengujian beton dengan kandungan 75% tepung cangkang telur bebek tidak berbeda jauh dengan benda uji lainnya. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan kandungan 75% tepung cangkang telur bebek dari berat semen dapat dilihat pada diagram berikut :



**Gambar 4.10** Diagram Kuat Tekan Rata-Rata Beton 75% Tepung Cangkang Telur Bebek

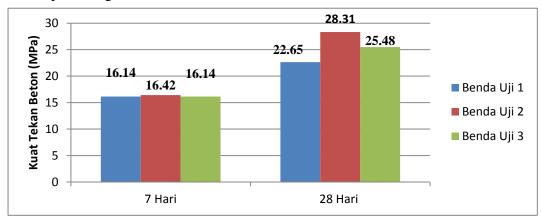
Berdasarkan gambar 4.10 didapat nilai kuat tekan rata – rata beton dengan kandungan tepung cangkang telur bebek 75% sebesar 20,48 MPa. Penggunaan limbah dengan kandungan 75% tepung cangkang telur mampu melebihi kuat tekan beton kontrol.

Berdasarkan perhitungan kuat tekan rata – rata yang dihasilkan pada beton dengan kandungan tepung cangkang telur bebek 75% sebesar 20,48 MPa lebih

tinggi dibandingkan dengan beton kontrol bahkan mampu melebihi nilai beton yang direncanakan yaitu 20 Mpa. Hal ini membuktikan bahwa kandungan tepung cangkan telur bebek 75% mampu memberikan perubahan positif pada kuat tekan beton karena dengan adanya tepung cangkang telur bebek proses pengikatan akan jadi lebih sempurna.

## 4.3.2.5 Komposisi 90% tepung Cangkang Telur

Pengujian beton dengan kandungan 90% tepung cangkang telur bebek tidak berbeda jauh dengan benda uji lainnya. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan 90% tepung cangkang telur bebek dari berat semen dapat dilihat pada diagram berikut :



**Gambar 4.11** Diagram Kuat Tekan Rata-Rata Beton 90% Tepung Cangkang Telur Bebek

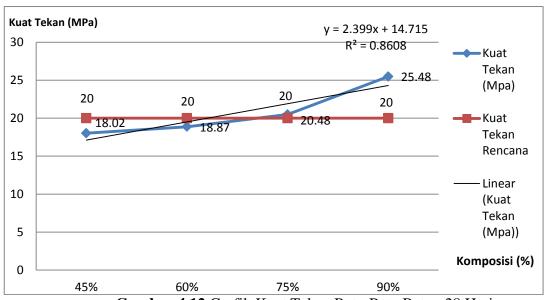
Berdasarkan gambar 4.11 didapat nilai kuat tekan rata – rata beton dengan kandungan tepung cangkan telur bebek 90% sebesar 25,48 MPa. Penggunaan limbah dengan kandungan 90% tepung cangkang telur mampu melebihi kuat tekan beton kontrol dan juga kuat tekan yang direncanakan yaitu 20 MPa.

Berdasarkan perhitungan kuat tekan rata – rata yang dihasilkan pada beton dengan kandungan tepung cangkang telur bebek 90% sebesar 25,48 MPa lebih tinggi dibandingkan dengan beton kontrol. Hal ini membuktikan bahwa kandun

gan tepung cangkan telur bebek 90% mampu memberikan perubahan positif pada kuat tekan beton karena dengan adanya tepung cangkang telur bebek sebagai prekursor akan membuat proses pengikatan campuran beton akan lebih sempurna.

#### 4.3.2.6 Hasil Kuat Tekan Keseluruhan

Hasil pengujian keseluruhan kuat tekan benda uji pada umur 28 hari di tampilkan dalam graik dibawah ini :



Gambar 4.12 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton 28 Hari

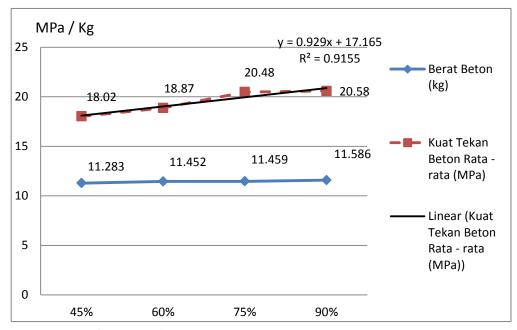
Berdasarkan gambar 4.12 kuat tekan beton secara umum menaikan tren dengan bertambahnya persentase tepung cangkang telur. Pada variasi 75% dan 90% mampu melewati kuat tekan beton yang di rencanakan yaitu 20,48 MPa dan 20,58 MPa.

Pada hasil pengujian kuat tekan beton kenaikan 15% penambahan tepung cangkang telur bebek menghasilkan kenaiakan 5,67% pada variasi 45% - 60%, 10,73% pada variasi 60% - 75% dan 33,37% pada variasi 75% - 90% dengan rata – rata kenaikan 16,59%.

Kuat tekan rata – rata yang dihasilkan pada beton dengan campuran tepung cangkang telur bebek pada beton 90% merupakan campuran optimum dan cenderung dapat menaikan kuat tekan lagi apabila pesentase tepung cangkang telur di tambah.

#### 4.3.8 Analisis Secara Keseluruhan

Secara keseluruhan, perubahan kuat tekan dari bebagai variasi jumlah penggunaan tepung cangkang telur bebek mempunyai perbedaan. Hasil pengujian seluruh variasi dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.13 Grafik Analisa Secara Keseluruhan

Berdasarkan pada gambar 4.13 dapat dilihat bahwa kenaikan kuat tekan beton geopolimer tepung cangkang telur seiring dengan kenaikan berat isi beton. Meskipun besaran kenaikan keduanya berbeda pada hasil pengujian kuat tekan

kenaikan rata – rata untuk tiap penambahan 15% tepung cangkang telur bebek akan mengakibatkan kenaikan kuat tekan sebesar 16,59%.

Pada hasil pengujian berat isi beton kenaikan 15% penambahan tepung cangkang telur bebek hanya mengakibatkan kenaikan berat isi 0,58%.

Sehingga bisa dikatakan bahwa beton geopolimer ini mampu mencapai kuat tekan yang tinggi tanpa kenaikan berat isi yang signifikan. Ini merupakan fakta positif mengenai prospek beton geopolimer dengan prekursor tepung cangkang telur bebek.

#### 4.4 Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini masih banyak keterbatasan penelitian yang diantaranya adalah :

- 1. Penelitian hanya menggunakan wadah untuk pengadukan secara manual sehingga memungkinkan kurangnya pengadukan secara sempurna.
- Tepung cangkang telur bebek tidak di bakar terlebih dahulu yang mengakibatkan kandungan yang terdapat pada cangkang telur bebek tidak keluar secara optimum.