

# LIMBAH KERTAS SEMEN SEBAGAI BAHAN TAMBAH UNTUK GENTENG BETON TERHADAP KUAT LENTUR DAN IMPERMEABILITAS

**Defa Nur Arsy Pranata, Sudirman Indra, Ester Priskasari**

Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan  
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Sigura-Gura No. 2 Malang, Indonesia  
1921172.defanap@gmail.com

## ABSTRAK

Genteng adalah salah satu komponen atap untuk menutupi bangunan bagian atas. Genteng beton merupakan unsur bangunan atap untuk menutupi atap dan terbuat dari semen portland dan agregat. Penelitian ini dilakukan untuk membuat bahan pengganti agregat dari limbah kertas semen untuk genteng beton. Variasi pada campuran yaitu 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan mortar, kuat tarik mortar, kuat lentur mortar, kuat lentur genteng beton, dan uji impermeabilitas genteng beton. Hasil optimal pada tiap pengujian antara lain: kuat tekan mortar = 21,547 MPa ; Kuat tarik mortar = 1,53 MPa ; Kuat lentur mortar = 5,2036 MPa ; Kuat lentur Genteng = 3,8 MPa. Pada Pengujian Impermeabilitas genteng beton variasi 0% dan 3% tidak ada rembesan, sedangkan variasi 6%, 9% dan, 12% terdapat beberapa sampel yang terjadi rembesan dan sebagian tidak terjadi rembesan.

**Kata Kunci:** Limbah kertas, genteng beton, kuat lentur, impermeabilitas.

## 1. PENDAHULUAN

Penutup atap bangunan atau yang lebih dikenal sebagai genteng merupakan salah satu konstruksi bangunan yang penting. Genteng menutupi permukaan bagian atas bangunan yang tersusun secara bertindih (*overlapping*). Genteng berfungsi untuk melindungi rumah dari cuaca panas maupun hujan. Dalam perkembangan zaman, genteng sudah memiliki banyak variasi. Selain sebagai unsur penting sebagai penutup atap, pemilihan jenis genteng yang tepat dapat memberikan unsur estetika pada bangunan.

Salah satu dari beragam variasi yang ada yaitu genteng beton. Genteng beton memiliki beberapa keunggulan antara lain: tahan lama, tahan serangga, ramah lingkungan, penghantar panas yang kurang bagus, mudah dalam perawatan. Di samping kelebihan itu terdapat pula kekurangannya yaitu: membutuhkan usuk dan reng, pemasangan yang cukup lama, beban genteng beton memiliki beban relatif besar dibandingkan penutup atap yang lain.

Genteng beton bahan penyusunnya merupakan pasir, semen, dan air. Peneliti ingin meneliti penggunaan limbah kertas

semen untuk bahan pengganti sebagian agregat halus pada genteng beton sehingga dapat membuat genteng beton menjadi lebih ringan, tetapi masih memenuhi persyaratan karakteristik mekanis genteng beton, dengan biaya yang relatif murah. Dalam proses pembuatannya mungkin dibutuhkan bahan adiktif untuk membantu kelecakan dalam bahan campuran.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### Genteng

Genteng adalah salah satu komponen dari atap yang menutupi permukaan bagian atas bangunan yang terdiri dari bagian-bagian yang tersusun saling bertindih (*overlapping*). Genteng dapat dibuat dalam bentuk dan cara pemasangan yang bervariasi, namun bentuk genteng yang paling umum digunakan adalah segi empat. Genteng dapat dibuat dari berbagai jenis bahan seperti tanah liat, kayu, batu, aspal, plastik, beton, dan kaca.

Genteng beton merupakan unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap yang terbuat dari campuran antara semen Portland atau sejenisnya dengan agregat

dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen. Genteng harus mempunyai permukaan atas yang rata, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian. (SNI 0096 : 2007)

#### **Semen Portland**

Semen Portland atau semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan tambahan lain. Semen Portland yang digunakan adalah semen Portland jenis 1. (SNI 7656: 2012)

#### **Kertas Semen**

Kertas semen merupakan kertas kraft dengan ketahanan sobek yang tinggi, dirancang untuk kemasan kekuatan dan daya tahan yang tinggi. Kertas semen bekas bisa didapatkan dari toko bangunan, pengepul kertas, ataupun hasil dari pembangunan suatu proyek konstruksi.

#### **Air**

Berdasarkan (PUBI 1982) air yang dimaksudkan disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton pemataman kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran. Adapun persyaratannya, antara lain:

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda tersuspensi lebih dari 2 g/liter.
4. Tidak mengandung garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dsb) lebih dari 15 g/liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO<sub>3</sub>.

#### **Agregat Halus**

Berdasarkan (PUBI 1982) pasir beton merupakan butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirnya sebagian besar terletak antara 0,075 – 5 mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5%. Adapun persyaratannya, antara lain:

1. Pasir harus bersih. Bila diuji memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir yang kelihatan dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70%.
2. Kandungan bagian yang lewat ayakan 0,063 mm tidak lebih dari 5% - berat (kadar lumpur).
3. Angka kehalusan fineness modulus terletak antara 2,2 – 3,2 bila diuji memakai rangkaian ayakan dengan mata ayakan berukuran berturut-turut 0,16 – 0,315 - 0,63 – 1,25 – 2,5 – 5 – 10 mm dengan fraksi yang lewat ayakan 0,3 mm minimal 15% berat.
4. Pasir tidak boleh mengandung zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

#### **Kuat Tekan Mortar**

Kuat tekan mortar dilakukan dengan cara uji mortar menggunakan dimensi 5x5x5 cm. Rumus kuat tekan mortar adalah sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P_{maks}}{A}$$

Dimana:

$f_c'$  = kekuatan tekan mortar (MPa)

$P_{maks}$  = gaya tekan maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (Nm<sup>2</sup>)

#### **Kuat Tarik Mortar**

Pengujian kuat tarik mortar bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat tarik mortar dan luas dari bidang tarik mortar tersebut. Uji kuat tarik mortar dilakukan dengan membuat benda uji mortar seperti

angka delapan(briquettes). Benda uji yang siap untuk dilakukan pengujian akan ditarik dengan alat uji cement briquettes. Rumus dari kuat tarik mortar adalah:

$$f_{ct} = \frac{P}{A}$$

Dimana:

$f_{ct}$  = Kuat tarik mortar (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = Maksimum pembebanan (kg)

$A$  = Luas permukaan tarik (cm<sup>2</sup>)

### Kuat Lentur Mortar

Kuat lentur mortar adalah kemampuan benda uji yang diletakkan pada perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji tersebut patah dengan satuan MPa. Sehingga gaya lentur akan terjadi pada tegangan tekan. Kuat lentur yang merupakan kemampuan bahan dalam menahan deformasi yang berada di bawah beban hingga material tersebut patah maupun hancur. Rumus dari kuat lentur mortar adalah:

$$f_r = \frac{Mx}{wx}$$

$$f_r = \frac{1/4 P x L}{\frac{1}{6} x b x d^2}$$

Dimana:

$f_r$  = Kuat lentur mortar semen (kg.cm<sup>2</sup>)

$Mx$  = Momen maksimum (Kg.cm)

$wx$  = Momen Tahanan (cm<sup>3</sup>)

$P$  = Beban yang dipakai saat runtuh (kg)

$L$  = Jarak bentang (cm)

$b$  = Lebar benda uji (cm)

$d$  = Tinggi benda uji (cm)

### Kuat Lentur Genteng Beton

Uji kuat lentur atau pengujian beban lentur dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan dan kekuatan yang mampu ditopang genteng terhadap beban yang terjadi. Di samping itu pengujian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui keelastisan genteng beton. Untuk mencari perhitungan karakteristik beban

lentur dapat menggunakan persamaan berikut.

$$f_r = \frac{Mx}{wx}$$

$$f_r = \frac{1/4 P x L}{\frac{1}{6} x b x d^2}$$

Dimana:

$f_r$  = Kuat lentur genteng beton (kg.cm<sup>2</sup>)

$Mx$  = Momen maksimum (Kg.cm)

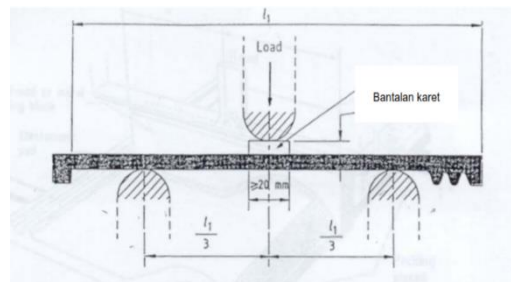
$wx$  = Momen Tahanan (cm<sup>3</sup>)

$P$  = Beban yang dipakai saat runtuh (kg)

$L$  = Jarak bentang (cm)

$b$  = Lebar penampang patah (cm)

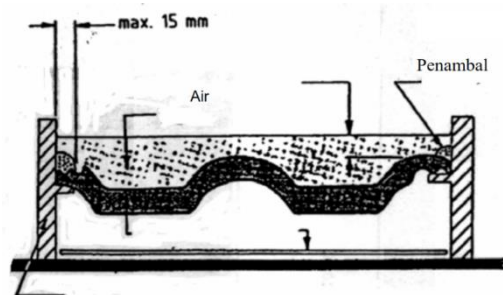
$d$  = Tinggi benda uji (cm)



Gambar Skema Uji Kuat Lentur

### Ketahanan Rembesan Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur ketahanan genteng terhadap air hujan. Genteng sebagai Penutup atap harus aman terhadap rembesan air setiap saat terkena air hujan. Sesuai dengan SNI 0096:2007 dimana ketahanan terhadap rembesan air (*impermeability*) tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bagian awah genteng dalam waktu 20 jam ± 5 menit.



Gambar Skema Uji Impermeabilitas

### Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan merupakan suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai).

Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga salah satunya adalah nilai yang diduga. Pengujian interval kepercayaan bertujuan untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan hasil pengujian interval kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\bar{X} - (t_{0,975} \times \frac{S}{\sqrt{n}}) < \mu < \bar{X} + (t_{0,975} \times \frac{S}{\sqrt{n}})$$

Dimana :

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata data yang diuji

S = Standart deviasi

P = Persentil =  $\frac{1}{2} (1 + \text{interval kefidensi})$

tp = nilai t pada persentil P yang di pilih

n = jumlah data

### Analisa Regresi

Analisa regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisa regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variabel (Variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variabel (variabel terikat). Dengan bentuk persamaan  $\hat{Y} = a + bX + cX^2$ , maka didapat perhitungan sebagai berikut:

$$Y = na + bX + cX^2$$

$$XY = aX + bX^2 + cX^3$$

$$X^2Y = aX^2 + bX^3 + cX^4$$

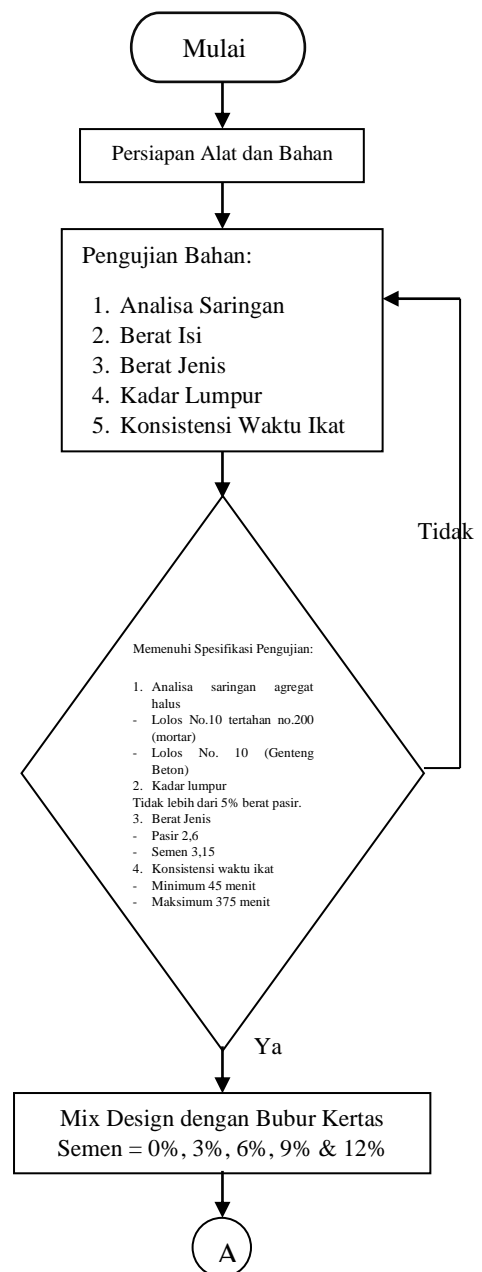
### Hipotesis

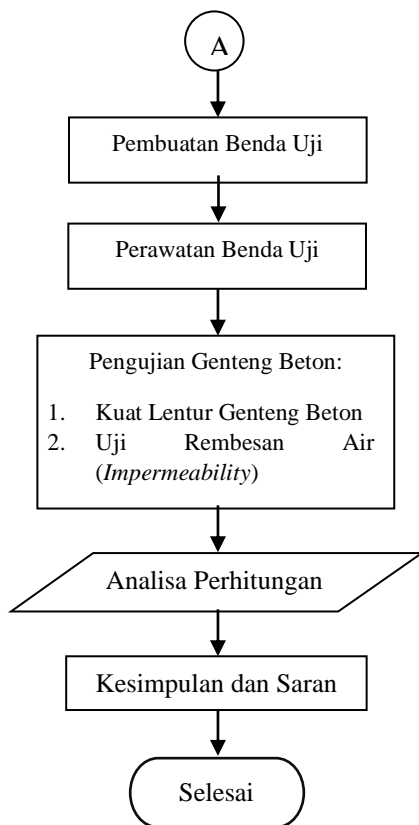
Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta-fakta membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta-fakta empirik yang dikumpulkan. Untuk pembuktian hipotesis diperlukan rumus-rumus sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang. Benda uji berupa mortar kubus, balok, dan briquette yang berjumlah 60 buah dengan masing-masing pengujian 3 buah + 1 kegagalan, genteng beton yang berjumlah 50 buah. Variasi persentase yang akan digunakan adalah 0%, 3%, 6%, 9% dan 12%. Proses perawatan benda uji akan dilakukan dengan proses curing 3 hari dan diangin-anginkan selama 4 hari kemudian di uji. Tahapan penelitian dapat dilihat pada began alir di bawah ini:





Gambar Diagram Alir

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### Pengujian Agregat Halus

###### a) Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

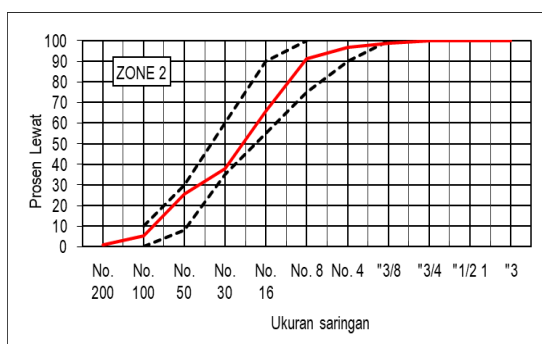
Hasil dari pemeriksaan berat isi agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut:

- Lepas/Gembur: 1,518 gr/cm<sup>3</sup>
- Padat : 1,605 gr/cm<sup>3</sup>

###### b) Analisa Gradasi Agregat Halus

Dari hasil percobaan diatas, agregat halus yang dipakai yaitu grafik zona II.

Grafik Gradasi agregat Halus Zona 2



###### c) Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Dari hasil percobaan dan analisa, maka dapat disimpulkan keadaan agregat halus yang dipakai adalah:

- Agregat halus memiliki berat jenis (bulk) rata-rata = 2,628
- Berat jenis kering permukaan jenuh rata-rata = 2,668
- Berat jenis semu (apparent) rata-rata = 2,739
- Penyerapan (absorsi) rata-rata = 1,532 %

Nilai yang dipakai untuk perhitungan campuran beton adalah berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) sebesar 2,668.

###### d) Pengujian Kadar Lumpur dan Zat Organik

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan berapa besar kandungan bahan organik pada agregat halus. Kandungan zat organik yang berlebihan akan mempengaruhi kualitas pada hasil penggunaan agregat halus pada campuran mortar. Pada pengujian ini agregat halus yang sudah di campur oleh larutan NaOH dan telah di diamkan selama 24 jam mendapatkan hasil warna yang BENING. Maka, dari hasil yang didapatkan agregat halus tidak mengalami penurunan kekuatan.

###### e) Pengujian Semen

###### • Pemeriksaan Berat Isi Semen

Dari hasil percobaan di dapat:

- Berat isi semen rata-rata
- Lepas/Gembur: 1,117 gr/cm<sup>3</sup>
- Padat : 1,194 gr/cm<sup>3</sup>

###### • Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Dari pemeriksaan terdapat berat jenis rata-rata semen Portland sebesar 2,92 gr/cm<sup>3</sup>.

###### • Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen Hidrolis

Dari hasil pemeriksaan, kedalaman jarum mencapai penetrasi 10 mm memerlukan penambahan air sebanyak 28,338%.

- Penentuan Waktu Pengikat Semen Hidrolis

Dari hasil percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Waktu ikat awal diperoleh 171,579 menit.
2. Pada waktu 240 menit permukaan pasta semen sudah tidak membekas. Jadi, semen sudah mencapai waktu ikat akhir.

f) Hasil Pengujian Benda Uji

a. Mortar

Variasi	Umur	Kuat Tekan Mortar (MPa)			Rata-rata $f'_c$ (MPa)
		1	2	3	
0%	7	22	21,6	22,4	22,00
3%	7	19,60	16,8	15,6	17,33
6%	7	13,6	18,4	16,4	16,13
9%	7	17,2	12,8	16,0	15,33
12%	7	14,8	12,8	13,6	13,73

Hasil yang didapatkan pada kuat tekan mortar tanpa penambahan bubuk kertas semen menghasilkan 22,00 MPa. Sedangkan hasil kuat tekan mortar yang didapatkan dengan penambahan bubuk kertas semen menghasilkan 17,33 MPa pada penambahan 3% bubuk kertas semen, 16,13 MPa pada penambahan 6% bubuk kertas semen, 15,33 MPa pada

penambahan 9% bubuk kertas semen, dan 13,73 MPa pada penambahan 12% bubuk kertas semen. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penambahan bubuk kertas semen membuat kuat tekan mortar menurun.

b. Kuat Tarik Aksial Mortar

Variasi	Umur	Kuat Tarik Mortar (MPa)			Rata-rata $f_t$ (MPa)
		1	2	3	
0%	7	1,19	1,18	1,2	1,19
3%	7	1,36	1,27	1,06	1,23
6%	7	1,31	1,32	1,25	1,29
9%	7	1,53	1,78	1,4	1,57
12%	7	1,79	0,94	1,62	1,45

Hasil yang didapatkan pada kuat tarik mortar tanpa penambahan bubuk kertas semen menghasilkan 1,19 MPa. Sedangkan hasil kuat tarik mortar yang didapatkan dengan penambahan bubuk kertas semen menghasilkan 1,23 MPa pada penambahan 3% bubuk kertas semen, 1,29 MPa pada penambahan 6% bubuk kertas semen, 1,57 pada

penambahan 9% bubuk kertas semen, dan 1,45 MPa pada penambahan 12% bubuk kertas semen. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penambahan bubuk kertas semen membuat kuat tarik mortar meningkat hingga komposisi 9% kemudian mengalami penurunan pada komposisi 12%.

c. Kuat Lentur Mortar

Variasi	Umur	Kuat Lentur Mortar (MPa)			Rata-rata <i>f<sub>r</sub></i> (MPa)
		1	2	3	
0%	7	4,53	5,91	5,32	5,25
3%	7	4,5	4,25	4,36	4,37
6%	7	4,42	3,74	3,80	3,99
9%	7	3,52	3,80	3,37	3,56
12%	7	3,23	3,40	3,09	3,24

Hasil yang didapatkan pada kuat lentur mortar tanpa penambahan bubuk kertas semen menghasilkan 5,25 MPa. Sedangkan hasil kuat lentur mortar yang didapatkan dengan penambahan bubuk kertas semen menghasilkan 4,37 MPa pada penambahan 3% bubuk kertas semen, 3,99 MPa pada penambahan 6%

bubuk kertas semen, 3,56 MPa pada penambahan 9% bubuk kertas semen, dan 3,24 MPa pada penambahan 12% bubuk kertas semen. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penambahan bubuk kertas semen membuat kuat tarik mortar menurun.

d. Genteng Beton

• Hasil Pengujian Kuat Lentur Genteng Beton

Variasi	Umur	Kuat Lentur Genteng Beton (MPa)				Rata-rata <i>f<sub>c</sub></i> (MPa)
		1	2	3	4	
0%	7	2,90	2,48	3,67	4,25	3,33
3%	7	3,73	3,72	3,36	4,03	3,71
6%	7	3,31	3,88	4,47	3,56	3,80
9%	7	3,08	3,23	3,84	4,87	3,76
12%	7	3,05	3,88	3,03	3,55	3,38

Hasil yang didapatkan pada kuat lentur genteng beton tanpa penambahan bubuk kertas semen menghasilkan 3,33 MPa. Sedangkan hasil kuat lentur genteng beton yang didapatkan dengan penambahan bubuk kertas semen menghasilkan 3,71 MPa pada penambahan 3% bubuk keretas semen, 3,80 MPa pada penambahan 6% bubuk

kertas semen, 3,76 MPa pada penambahan 9% bubuk kertas semen, dan 3,38 MPa pada penambahan 12% bubuk kertas semen. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penambahan bubuk kertas semen membuat kuat lentur genteng beton mengalami peningkatan hingga komposisi 6%, kemudian menurun pada komposisi 9% dan 12%.

• Hasil Pengujian Impermeabilitas Genteng Beton

Variasi	Benda Uji	berat (gram)			rembesan
		awal	20 jam	72 jam	
0%	1	3260	3267	3268	Tidak Ada
	2	4315	4320	4324	Tidak Ada
	3	3380	3385	3388	Tidak Ada
	4	3420	3422	3425	Tidak Ada
3%	1	3300	3313	3316	Tidak Ada
	2	3310	3315	3315	Tidak Ada

	3	3330	3337	3341	Tidak Ada
	4	3380	3389	3390	Tidak Ada
6%	1	3300	3408	3419	Ada
	2	3320	3330	3334	Tidak Ada
	3	3300	3310	3310	Tidak Ada
	4	3210	3223	3225	Tidak Ada
9%	1	3280	3305	3308	Ada
	2	3210	3220	3223	Tidak Ada
	3	3370	3386	3387	Ada
	4	3200	3209	3210	Tidak Ada
12%	1	3230	3242	3244	Tidak Ada
	2	3260	3273	3275	Tidak Ada
	3	3280	3307	3310	Ada
	4	3210	3243	3246	Ada

Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa semakin besar persentase campuran maka akan terjadi rembesan pada permukaan bawah genteng beton.

- Hasil Tampilan Permukaan Genteng Beton

Berdasarkan hasil tampilan permukaan genteng beton tanpa bahan tambah bubuk kertas semen dibandingkan dengan genteng beton dengan bahan tambah bubuk kertas semen, dapat disimpulkan

permukaan genteng beton tidak terlalu berbeda jauh. Untuk komposisi bubuk kertas semen 12% jika dilihat secara dekat maka akan terlihat sedikit bubuk kertas semen yang mengering pada permukaan.

g) Pengolahan Data

a. Pengujian Interval Kepercayaan

- Kuat Tekan Mortar

Variasi	X	S	P	dk	t <sub>0,975</sub>	Interval Kepercayaan
0%	22	0,40	0,975	2	4,303	21,01 < $\mu$ < 22,99
3%	17,33	1,01	0,975	2	4,303	12,23 < $\mu$ < 22,43
6%	16,13	2,41	0,975	2	4,303	10,14 < $\mu$ < 22,12
9%	15,33	2,05	0,975	2	4,303	9,68 < $\mu$ < 20,98
12%	13,73	2,27	0,975	2	4,303	11,23 < $\mu$ < 16,23

- Kuat Tarik Aksial Mortar

Variasi	X	S	P	dk	t <sub>0,975</sub>	Interval Kepercayaan
0%	1,19	0,01	0,975	2	4,303	1,17 < $\mu$ < 1,21
3%	1,23	0,15	0,975	2	4,303	0,85 < $\mu$ < 1,61
6%	1,29	0,04	0,975	2	4,303	1,20 < $\mu$ < 1,39
9%	1,57	0,19	0,975	2	4,303	1,09 < $\mu$ < 2,05
12%	1,45	0,45	0,975	2	4,303	0,33 < $\mu$ < 2,57

- Kuat Lentur Mortar

Variasi	X	S	P	dk	t <sub>0,975</sub>	Interval Kepercayaan
0%	5,25	0,69	0,975	2	4,303	3,53 < $\mu$ < 6,97
3%	4,37	0,13	0,975	2	4,303	4,06 < $\mu$ < 4,68
6%	3,99	0,38	0,975	2	4,303	3,05 < $\mu$ < 4,92
9%	3,56	0,22	0,975	2	4,303	3,02 < $\mu$ < 4,11
12%	3,24	0,16	0,975	2	4,303	2,85 < $\mu$ < 3,63

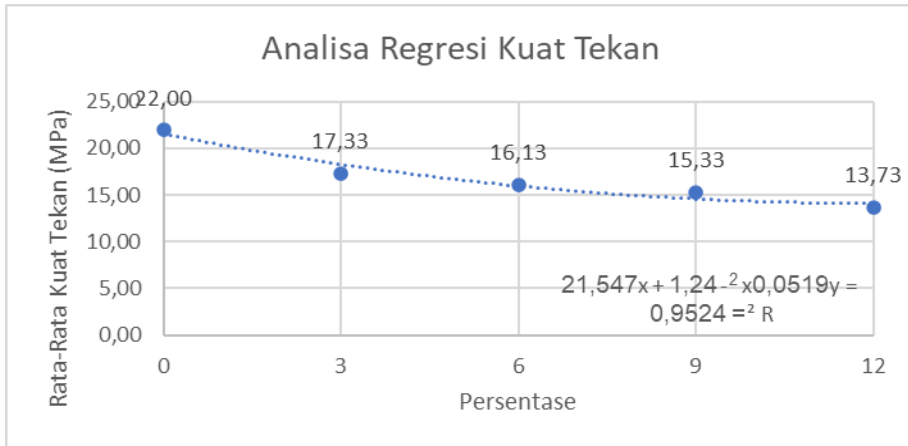


- Kuat Lentur Genteng Beton

Variasi	X	S	P	dk	t <sub>0,975</sub>	Interval Kepercayaan
0%	3,33	0,79	0,975	3	4,303	1,63 < μ < 5,03
3%	3,71	0,27	0,975	3	4,303	3,12 < μ < 4,30
6%	3,80	0,50	0,975	3	4,303	2,72 < μ < 4,89
9%	3,76	0,81	0,975	3	4,303	2,01 < μ < 5,50
12%	3,38	0,41	0,975	3	4,303	2,49 < μ < 4,26

b. Analisa Regresi

- Kuat Tekan Mortar



Didapat nilai persamaan  $y = 0,0519x^2 - 1,24x + 21,547$  dan  $x = 0$  maka, dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = 0,0519x^2 - 1,24x + 21,547$$

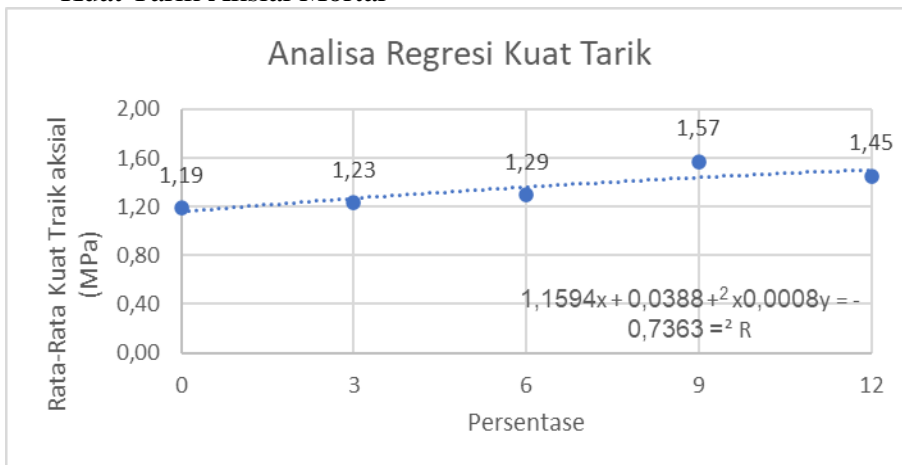
$$y = 0,0519(0)^2 - 1,24(0) + 21,547$$

$$= 21,547$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan bahwa nilai optimum kuat

tekan mortar didapatkan hasil sebesar 21,547 MPa.

- Kuat Tarik Aksial Mortar



Didapat nilai persamaan  $y = -0,0008x^2 + 0,0388x + 1,1594$  dan  $x = 12$  maka, dapat dihitung sebagai berikut:

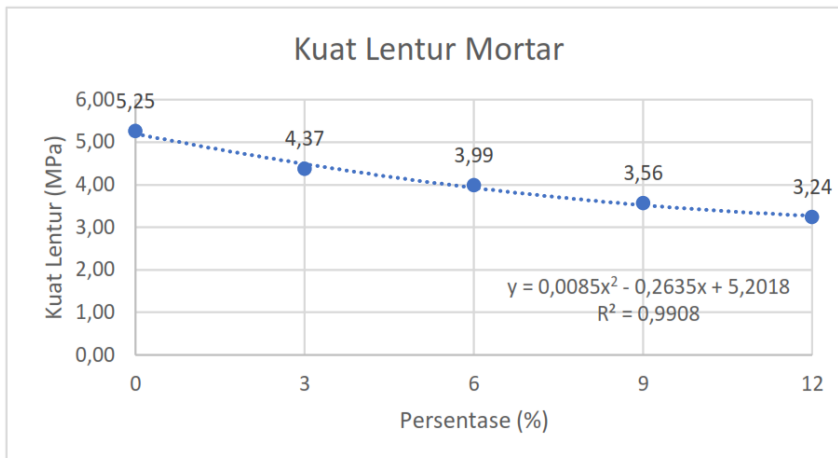
$$y = -0,0008x^2 + 0,0388x + 1,1594$$

$$y = -0,0008(12)^2 - 0,0388(12) + 1,1594$$

$$= 1,5$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan bahwa nilai optimum kuat tekan mortar didapatkan hasil sebesar 1,53 MPa.

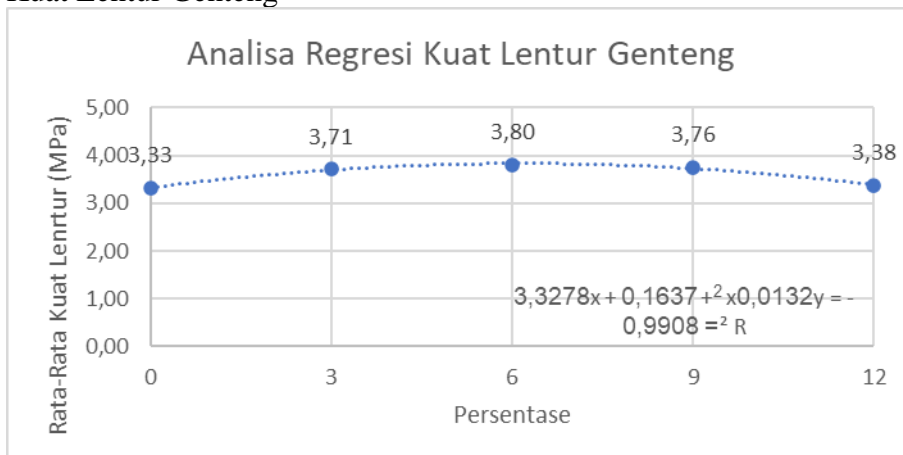
- Kuat Lentur Mortar



Didapat nilai persamaan  $y = 0,0086x^2 - 0,00264x + 5,2036$  dan  $x = 0$  maka, dapat dihitung sebagai berikut:  
 $y = 0,0086x^2 - 0,264x + 5,2036$   
 $y = 0,0086(0)^2 - 0,00264(0) + 5,2036$   
 $= 5,2036$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan bahwa nilai optimum kuat tekan mortar didapatkan hasil sebesar 5,2036 MPa.

- Kuat Lentur Genteng



Didapat nilai persamaan  $y = -0,0132x^2 + 0,1637x + 3,3278$  dan  $x = 0$  maka, dapat dihitung sebagai berikut:  
 $y = -0,0132x^2 + 0,1637x + 3,3278$   
 $y = -0,0132(6)^2 + 0,1637(6) + 3,3278$   
 $= 3,8$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan bahwa nilai optimum kuat tekan mortar didapatkan hasil sebesar 3,8 MPa.

h) Perhitungan Hipotesis  
 - Kuat Tekan Mortar

$$t_{hitung} = \frac{R\sqrt{n}}{\sqrt{1-R^2}}$$

$$= \frac{0,86\sqrt{3}}{\sqrt{1-0,86^2}} = 2,935$$

$$t_{tabel} = 2,353$$

Karena  $t_{hitung} > t_{tabel} = 2,935 > 2,353$  ; maka hipotesis nihil ( $H_0$ ) ditolak, dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima. Dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$  ini menunjukkan bahwa kuat tekan mortar

dipengaruhi oleh persentase bubuk kertas semen.

- Kuat Tarik Mortar

$$t_{hitung} = \frac{R\sqrt{n}}{\sqrt{1-R^2}}$$

$$= \frac{0,82\sqrt{3}}{\sqrt{1-0,82^2}} = 2,468$$

$$t_{tabel} = 2,353$$

Karena  $t_{hitung} > t_{tabel} = 2,468 > 2,353$ ; maka hipotesis nihil ( $H_0$ ) ditolak, dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima. Dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$  ini menunjukkan bahwa kuat tarik mortar dipengaruhi oleh persentase bubuk kertas semen.

- Kuat Lentur Mortar

$$t_{hitung} = \frac{R\sqrt{n}}{\sqrt{1-R^2}}$$

$$= \frac{0,84\sqrt{3}}{\sqrt{1-0,84^2}} = 2,710$$

$$t_{tabel} = 2,353$$

Karena  $t_{hitung} > t_{tabel} = 2,710 > 2,353$ ; maka hipotesis nihil ( $H_0$ ) ditolak, dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima. Dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$  ini menunjukkan bahwa kuat lentur mortar dipengaruhi oleh persentase bubuk kertas semen.

- Kuat Lentur Genteng

$$t_{hitung} = \frac{R\sqrt{n}}{\sqrt{1-R^2}}$$

$$= \frac{0,83\sqrt{4}}{\sqrt{1-0,83^2}} = 4,419$$

$$t_{tabel} = 2,132$$

Karena  $t_{hitung} > t_{tabel} = 4,419 > 2,132$ ; maka hipotesis nihil ( $H_0$ ) ditolak, dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima. Dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$  ini menunjukkan bahwa kuat lentur genteng beton dipengaruhi oleh persentase bubuk kertas semen.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian campuran mortar terhadap genteng beton komposisi 2,02:1:0,7 (Pasir:Semen:Air) dengan penambahan bubuk kertas semen terhadap kuat lentur dan

impermeabilitas genteng beton, didapat kesimpulan seperti dibawah ini:

1. Pada hasil kuat tekan mortar didapatkan bahwa penambahan bubuk kertas semen membuat kuat tekan mortar menurun. Nilai optimum kuat tekan yaitu 21,547 MPa pada komposisi 0%.
2. Pada hasil kuat tarik mortar didapatkan bahwa penambahan bubuk kertas semen berpengaruh meskipun hanya mengalami sedikit peningkatan. Nilai optimum kuat tarik yaitu 1,5 MPa pada komposisi 12%.
3. Pada hasil kuat lentur mortar didapatkan bahwa semakin besar persentase penambahan bubuk kertas semen membuat kuat lentur mortar semakin menurun. Nilai optimum kuat lentur yaitu 5,204 MPa pada komposisi 0%.
4. Pada pengujian kuat lentur genteng beton didapatkan bahwa penambahan bubuk kertas semen sedikit mempengaruhi peningkatan untuk kuat lentur genteng beton, tetapi semakin banyak penambahan komposisi akan membuat kuat lentur menurun. Nilai optimum kuat lentur genteng beton yaitu 3,8 MPa pada komposisi 6%.
5. Pada pengujian impermeabilitas genteng beton dapat disimpulkan semakin besar persentase campuran maka akan terjadi rembesan pada permukaan bawah genteng beton.
6. Berdasarkan pengujian secara visual, tampilan permukaan genteng beton tanpa bahan tambah bubuk kertas semen dibandingkan genteng beton dengan bahan tambah bubuk kertas semen, dapat disimpulkan bahwa keduanya sama-sama memiliki permukaan yang kasar. Untuk komposisi bubuk kertas semen 12% jika dilihat secara teliti maka akan terlihat sedikit bubuk kertas semen pada permukaan.

## Saran

Adapun beberapa saran yang mungkin dapat dipergunakan dalam penelitian lebih lanjut, yaitu:

1. Diperlukan peninjauan kembali untuk komposisi penambahan kertas dalam mix desain.
2. Diperlukan peninjauan kembali untuk faktor air semen pada penelitian mortar maupun genteng beton. Dikarenakan bahan campuran yang digunakan merupakan kertas yang sifatnya mudah menyerap air.
3. Pengolahan kertas semen menjadi serbuk kertas disarankan bisa lebih halus lagi, supaya lebih mudah untuk tercampur menjadi homogen.
4. Jika penelitian ini dilanjutkan kembali mungkin bisa ditambahkan variasi kapur miil ataupun *fly ash* supaya menghasilkan genteng beton yang lebih baik lagi.
5. Mengingat bahan tambah yang digunakan merupakan kertas disarankan untuk melakukan coating pada permukaan genteng untuk menahan rembesan.

*Beton. AGREGAT*, 4(1), 282–288.  
<https://doi.org/10.30651/ag.v4i1.2813>

Sina, D. A. T., Hunggurami, E., & Menezes, A. S. (2011). *Pengaruh Penggantian Sebagian Agregat Halus Dengan Kertas Koran Bekas Pada Campuran Batako Semen Portland Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air*. Jurusan Teknik Sipil, FST Undana, 103–119.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1982). *BSN PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA (PUBI - 1982)* (pp. 1–344).
- Anonim. (2007). SNI 0096:2007 *Genteng beton*. In Badan Standardisasi Nasional (Vol. 7798393, Issue 022, p. 7798393).
- Anonim. (2012). SNI 7656:2012 *Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. In Badan Standarisasi Nasional (p. 52).
- Gunarto, A., Satyarno, I., & Tjokrodimuljo, K. (2008). *Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Untuk Pembuatan Panel Papercrete*. Forum Teknik Sipil, XVIII(2), 788–797.
- Pribadi, A. (2019). *Kajian Variasi Campuran Bubur Kertas Terhadap Nilai Penetrasi dan Permeabilitas*