

## PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON PADA CAMPURAN BETON NORMAL

Ilham Akbar<sup>1)</sup>, Zulfikar Djauhari<sup>2)</sup>, Reni Suryanita<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : [ilham.akbar@student.unri.ac.id](mailto:ilham.akbar@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*The increasing in the population has an impact on the increasing of housing or bulding demand. The alternative solution to reduce the use of cement is by leveraging on natural materials such as baggasse ash as a substitution part of cement in the concrete mixtures. Results from test showed that silicte (SiO<sub>2</sub>) content in bagasse ash was dominant, so that it might be used as a cement substitution to enhance the properties of the concrete. The specimens were tested at 7, 14, 28 and 56 days of treatment to observe the development of bagasse ash concrete with the variation of the ash at 5 % and 10 % from the weight of the cement. The result showed that the higher percentage of bagasse ash would result lower workability. The compressive strength has also decreased from normal concrete at 28 days of the treatment, at 5 % variaton that has a compressive strength at 21,221 MPa and 10% variation has a result at 16.411 MPa. Propertional to compressive test, the flexural test has also decreased from normal concrete, at 5% variation has a flexural strength at 3.60 MPa and at 10 % variation has a result at 3.40 MPa. It was because imperfect of bond between Ca(OH)<sub>2</sub> with SiO<sub>2</sub>. Hence, instead of cement substitute, bagasse ash rolled better as filler in concrete mixtures.*

*Keywords: bagasse ash, concrete, compressive strength, flexural strength, workability*

### 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan campuran dari semen portland, air, agregat kasar, agregat halus dan dengan atau tidak menggunakan bahan tambah lain. Beton memiliki berbagai kelebihan sehingga dipilih dalam bidang konstruksi. Beberapa kelebihan beton adalah mudah dalam pengerjaan, memiliki kuat tekan tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, bahan dasar yang mudah diperoleh, mudah dibentuk sesuai kebutuhan dan tidak korosi.

Tanpa disadari tingginya tingkat pemakaian semen membuat produksi semen meningkat dan dapat menimbulkan emisi gas karbondioksida

CO<sub>2</sub> keudara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi. Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Bahan baku pembentuk semen menurut Nawy (1998) adalah Kapur (CaO); dari batu kapur, Silika (SiO<sub>2</sub>); dari lempung, Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); dari lempung (dengan sedikit persentase magnesia, MgO dan terkadang sedikit alkali). Oksida besi terkadang ditambah untuk mengontrol komposisinya.

Alternatif lain untuk mengurangi pemakaian semen adalah memanfaatkan bahan alam, yaitu abu ampas tebu sebagai bahan tambah untuk substitusi sebagian semen, karena banyak ampas tebu yang kurang di olah dengan maksimal. Hasil pengujian komposisi kimia abu ampas tebu terlihat bahwa unsur silikat ( $\text{SiO}_2$ ) merupakan yang dominan, sehingga bahan dasar abu ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan dasar pengganti sebagian semen, dimana menurut ASTM C 618-05 pozzolan memiliki mutu yang baik apabila jumlah kadar  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Komposisi kimia abu ampas tebu tersebut sudah masuk kriteria pozzolan yang di standarkan oleh ASTM C 618-05.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Beton

Beton umum digunakan karena memiliki keunggulan, seperti bahan baku yang mudah didapatkan, mudah dibentuk sesuai rancangan arsitektur yang diinginkan. Beton merupakan campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang antara lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk massa padat.

### 2.2 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu yang digunakan berasal dari pedagang air tebu di sekitar kota Pekanbaru. Ampas tebu ini salah satu material terbuang yang bisa didapatkan dalam jumlah yang cukup banyak yang termasuk dalam salah satu golongan pozzolan buatan dengan proses pembakaran. Hasil pembakaran tersebut menjadi abu dan mengandung silika reaktif sama seperti yang terdapat pada abu terbang (*fly ash*), abu dasar (*bottom ash*), abu sekam, silika fume

dan lain-lain. Abu ampas tebu selanjutnya diteliti kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{SO}_3$  yang merupakan unsur unsur yang terdapat pada suatu pozzolan yang di standarkan pada ASTM 618-05 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Bahan Kimia Mineral Tambah

	Mineral Admixture Class		
	N	F	C
Silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ ) plus aluminium oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) plus iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), min %	70,0	70,0	50,0
Sulfur trioxide ( $\text{SO}_3$ ), max %	4,0	5,0	5,0
Moisture content, max %	3,0	3,0	3,0
Loss on ignition, max %	10,0	6,0	6,0

Pada suhu  $400^\circ\text{C}$  dengan persentase abu ampas tebu 5% merupakan kadar yang optimum untuk mendapat kan nilai kuat tekan beton yang memenuhi syarat, namun kuat tekan optimum tidak didapatkan karena hasil kuat tekan yang paling tinggi terdapat pada beton normal. Semakin tinggi suhu pembakaran ampas tebu yang digunakan menyebabkan nilai kuat tekan beton mengalami penurunan disebabkan reaksi pozzolan ( $\text{SiO}_2$ ) dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  belum terjadi secara sempurna pada umur 28 hari dan membutuhkan waktu yang lebih untuk melihat kontribusinya terhadap kekuatan beton dari penelitian (Karimah dan Wahyudi, 2015).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan Rompas *et al.* (2013) juga meninjau pengaruh pemanfaatan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen dalam campuran beton yang ditinjau terhadap kuat tarik lentur dan modulus elastisitas. Abu ampas tebu yang digunakan berasal dari PT PG Tulangphula Gorontalo merupakan

limbah yang memiliki kandungan *silica* sebesar 68,5%. Penelitian ini dilakukan sebagai bahan substitusi parsial semen dengan variasi 0 %, 5%, 10 %, 15%, 20 % dan 25% terhadap berat semen. Penggunaan air untuk campuran beton pada penelitian ini dibuat sama untuk setiap persentase abu ampas tebu (AAT). Semakin tinggi nilai variasi AAT maka semakin rendah *workability* beton segar. Penggunaan AAT tidak mempengaruhi peningkatan kuat tarik lentur tetapi memberi peningkatan pada modulus elastisitas dan kuat tekan beton. Modulus elastisitas beton dengan AAT lebih besar dari pada beton normal kecuali pada variasi AAT 15 % dan modulus elastisitas yang terbesar didapatkan pada variasi 20% dari berat semen dengan kenaikan sebesar 23,27%. Hasil kuat tekan optimum didapatkan pada variasi 5% dengan kenaikan sebesar 27,85%.

Pada penelitian Leneldo (2012) ini, pembakaran ampas tebu dilakukan secara manual dengan suhu sekitar 500-900<sup>0</sup>C yaitu dengan cara membakar ampas tebu yang sudah dikeringkan terlebih dahulu sehingga dapat mudah terbakar. Dengan proses pembakaran manual ini abu ampas tebu yang dapat diambil adalah tipe *bottom ash*, karena abu yang diambil adalah abu yang tertinggal pada dasar tungku atau tempat pembakarannya yang merupakan material yang tidak terbakar dengan sempurna dari pembakaran suatu material seperti batubara dan lainnya. Penelitian ini menggunakan variasi abu ampas tebu dengan persentase 5 %, 10 %, 15 %, 20 % dan 25 % yang diteliti hasil kuat tekannya dengan benda uji berupa silinder dengan umur perawatan 28 hari. Hasil kuat tekan pada penelitian ini menunjukkan hasil menurun dengan meningkatnya persentase variasi abu ampas tebu yang

digunakan. Pada variasi 5 % didapatkan hasil yang tidak terlalu jauh terhadap beton normal yaitu terjadi sedikit penurunan sebesar 4,18 % dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini dikarenakan rendahnya *silica* pada abu ampas tebu dengan tipe seperti *bottom ash* ini.

## 2.3 Sifat Mekanik Beton

### 2.3.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan kemampuan beton dalam menerima gaya per satuan luas. Nilai kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus (SNI 03-1974-1990):

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dengan:

$f_c$  = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan yang dibebani (mm<sup>2</sup>)

### 2.3.2 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton merupakan kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji balok mengalami patah (SNI 4431: 1997).

Untuk menentukan nilai kuat lentur pada benda uji yang berbentuk balok adalah:

$$\sigma_1 = \frac{PL}{b \cdot h^2} \quad (2)$$

Dimana:

$\sigma_1$  = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertingggi pada mesin uji

L = Jarak antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = lebar tampang lintang arah vertikal (mm)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pemeriksaan Karakteristik

Pengujian karakteristik material merupakan pengujian yang berguna untuk mengetahui sifat atau karakteristik material yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan agregat kasar berupa batu gunung yang berasal dari Pangkalan, Sumatera Barat yang terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisa saringan, dan pengujian abrasi. Sedangkan agregat halus diperoleh dari Danau Binguang Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Pengujian karakteristik agregat halus terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisa saringan, pemeriksaan kadar lumpur dan pemeriksaan kadar organik.

#### 3.2 Perencanaan Campuran Beton

Komposisi campuran yang tepat pada beton didapatkan dari nilai pengujian karakteristik material. Campuran pembuatan beton terdiri dari semen, air, agregat kasar, agregat halus dengan perbandingan tertentu. Komposisi campuran beton untuk 1 m<sup>3</sup> dengan mutu yang direncanakan f'c 17 MPa dapat dilihat pada Tabel 2. dan Tabel 3. untuk komposisi campuran beton abu ampas tebu. Perencanaan campuran penelitian ini mengacu pada standar ACI 211.1-91.

Tabel 2. Komposisi Campuran Beton Untuk 1 m<sup>3</sup>

Campuran Beton	Berat (Kg)
Semen	325,77
Air	162,43
Agregat kasar	988,73
Agregat Halus	845,26

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton Abu Ampas Tebu Untuk 1 m<sup>3</sup>

Komposisi Akhir untuk 1 m <sup>3</sup> Beton Abu Ampas Tebu 5%			
1	Berat Semen	309,48	Kg
2	Berat Air	162,43	Kg
3	Berat Ag. Kasar	988,73	Kg
4	Berat Ag. Halus	845,26	Kg
5	Berat Abu Ampas Tebu	16,29	Kg
Komposisi Akhir untuk 1 m <sup>3</sup> Beton Abu Ampas Tebu 10%			
1	Berat Semen	293,19	Kg
2	Berat Air	162,43	Kg
3	Berat Ag. Kasar	988,73	Kg
4	Berat Ag. Halus	845,26	Kg
5	Berat Abu Ampas Tebu	32,58	Kg

#### 3.3 Perencanaan Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan pada berupa silinder, dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sedangkan benda uji untuk pengujian kuat lentur berupa balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm. Jumlah rencana pembuatan benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat dilihat pada Tabel 4. berikut.

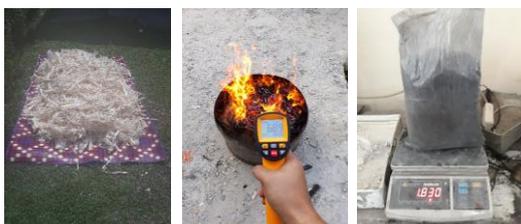
Tabel 4. Rencana Benda Uji

Variasi Abu Ampas Tebu	Pengujian				
	Tekan				Lentur
	7 hari	14 hari	28 hari	56 hari	28 hari
0%	3	3	3	3	3
5%	3	3	3	3	3
10%	3	3	3	3	3
	9	9	9	9	9
Total					45

#### 3.4 Pengolahan Abu Ampas Tebu

Tebu yang digunakan pada penelitian ini berasal dari sisa ampas tebu dari penjual air tebu di Kota Pekanbaru. Ampas tebu di keringkan kemudian dibakar secara manual. Dilakukan pengukuran suhu selama pembakaran

didapatkan rentang suhu pembakaran  $\pm 500-900^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan alat *Infra Red Thermometer*. Kemudian, abu ampas tebu hasil pembakaran disaring dengan saringan no.200 untuk mendapatkan abu yang halus. Proses pembakaran dilakukan di kawasan Laboraturium Teknologi Bahan Universitas Riau. Pengolahan Abu ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Proses Pengolahan Abu Ampas Tebu

Setelah menjadi abu, dilakukan pengujian komposisi kimia pada abu di lakukan di Laboraturium Teknik Kimia Universitas Riau dengan membawa sebagian sampel dari hasil pembakaran. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5. berikut ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kimia Abu Ampas Tebu

Unsur atau Senyawa	Satuan	Hasil Pengujian Komposisi Kimia
Silikat ( $\text{SiO}_2$ )	%	31,604
Besi Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	%	2,181
Alumunium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	%	-
Sulfur Trioksida ( $\text{SO}_3$ )	%	5,856
Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ )	%	11,566

### 3.5 Pengujian Beton

Pelaksanaan pengujian beton yang akan dilakukan adalah uji *slump* dan sifat mekanik beton yaitu kuat tekan dengan benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm sementara kuat lentur dilakukan dengan

benda uji berbentuk balok dengan ukuran  $60 \times 15 \times 15$  cm.

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur perawatan 7, 14, 28 dan 56 hari untuk melihat perkembangan kekuatan beton dengan substitusi abu ampas tebu sebesar 5% dan 10%. Sedangkan pengujian kuat lentur dilakukan pada umur perawatan 28 hari.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil Pengujian Material Beton

Pemeriksaan karakteristik material beton pada agregat kasar dan agregat halus dilakukan di Laboraturium Teknologi Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 6. dan Tabel 7. berikut ini.

Tabel 6. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar Spesifikasi
1	Kadar air (%)	0,15	< 5,00
2	Berat Jenis ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )		
	a. <i>Apparent specific Gravity</i>	2,77	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity (kering)</i>	2,66	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk specific gravity (ssd)</i>	2,70	2,58 - 2,83
	d. Absorption (%)	1,47	< 2,00
3	Berat volume( $\text{g}/\text{cm}^3$ )		
	a. Kondisi gembur	1,38	1,40 - 1,90
	b. Kondisi padat	1,52	1,40 - 1,90
4	Ketahanan aus (%)	22,1 4	< 40
5	Modulus kehalusan	6,95	5,00 - 8,00

Tabel 7. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar Spesifikasi
1	Kadar air (%)	4,17	< 5,00
2	Berat Jenis(g/cm <sup>3</sup> )		
	a. <i>Apparent specific Gravity</i>	2,65	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2,59	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk specific gravity (ssd)</i>	2,61	2,58 - 2,83
	d. Absorption (%)	0,91	2,00 - 7,00
3	Berat volume (g/cm <sup>3</sup> )		
	a. Kondisi gembur	1,42	1,40 - 1,90
	b. Kondisi padat	1,58	1,40 - 1,90
4	Modulus kehalusan	2,57	1,50 - 3,80
5	Kadar Lumpur(%)	1,18	< 5
6	Kandungan organik	<i>Organic Plate</i>	

## 4.2 Hasil Pengujian Beton

### 4.2.1 Pengujian Slump

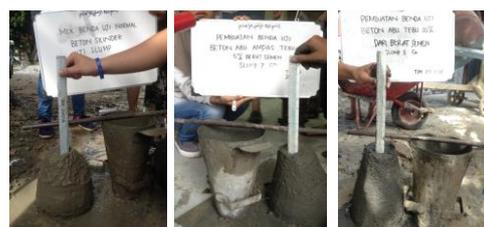
Hasil pengujian *slump* dilakukan pada beton segar setelah pembuatan. Pengujian *slump* ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 8. dan Gambar 2. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton akan mengalami penurunan seiring dengan penambahan variasi abu ampas tebu (AAT) yang digunakan. Nilai *slump* beton tanpa abu ampas tebu atau beton normal sebesar 10,5 cm dan nilai *slump* beton dengan variasi abu ampas tebu 10 % sebesar 5 cm.

Penggunaan air yang sama dari beton normal untuk setiap persentase menyebabkan nilai *slump* menjadi bervariasi. Hal ini terjadi dikarenakan persentase pemakaian AAT dalam berat yang sama dengan semen memiliki volume yang lebih besar sehingga menyebabkan penyerapan air juga semakin besar dan menyebabkan kurang mengikatnya pasta dengan agregat kasar,

selain itu suhu pembakaran AAT yang tidak stabil bisa mempengaruhi penyerapan air yang tidak stabil karena sifat fisik dari abu tersebut tidak semuanya terbakar dengan sempurna. Oleh karena itu nilai *slump* yang didapatkan pada penelitian ini menurun dengan penambahan variasi abu ampas tebu.

Tabel 8. Hasil Pengujian *Slump*

Variasi AAT (%)	<i>Slump</i> (cm)
0	10,5
5	7
10	5

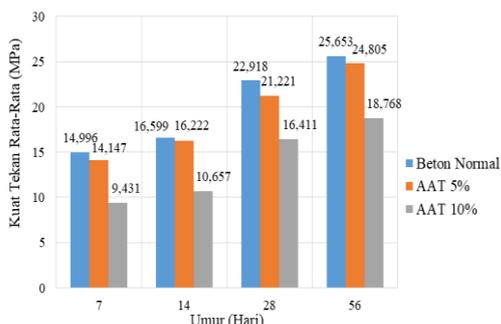


Gambar 1. Pengujian *Slump* untuk Masing-Masing Variasi Abu Ampas Tebu

### 4.2.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan merupakan pengujian yang dilakukan dengan memberikan beban maksimum pada benda uji sampai benda uji hancur. Pengujian kuat tekan beton abu ampas tebu (AAT) memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan beton normal. Kuat tekan beton variasi AAT 5% terjadi penurunan sebesar 7% dengan hasil kuat tekan 21,221 MPa pada umur perawatan 28 hari dan pada umur perawatan 56 hari terjadi penurunan sebesar 3% dengan hasil kuat tekan 24,805 MPa. Pada variasi AAT 10% terjadi penurunan sebesar 28% dengan hasil kuat tekan 16,411 MPa pada umur perawatan 28 hari dan umur perawatan

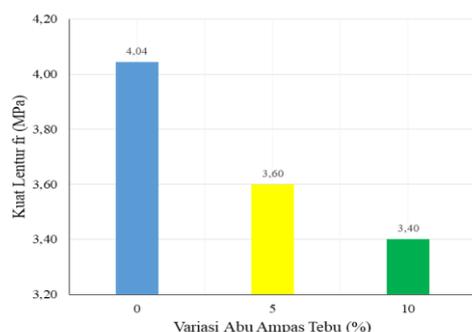
56 hari terjadi penurunan 27% dengan hasil kuat tekan 18,768 MPa dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tekan beton normal dengan beton abu ampas tebu pada umur perawatan 7, 14, 28 dan 56 hari dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Grafik Nilai Kuat Tekan

#### 4.2.3 Pengujian Kuat Lentur

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur beton normal sebesar 4,044 MPa. Sedangkan pada variasi AAT 5 % diperoleh nilai kuat lentur sebesar 3,600 Mpa terjadi penurunan 10,99% terhadap beton normal. Pada variasi AAT 10 % nilai kuat lentur sebesar 3,400 Mpa terjadi penurunan 15,93% terhadap beton normal. Dapat di lihat hasil uji kuat lentur berbanding lurus dengan hasil uji kuat tekan beton.



Gambar 4. Grafik Nilai Kuat Lentur

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Semakin tinggi variasi abu ampas tebu yang disubstitusi terhadap berat semen dengan nilai fas yang sama akan menurunkan tingkat *workability* dari beton.
2. Perbandingan antara beton normal dan beton abu ampas tebu, maka disimpulkan pengujian kuat tekan beton dengan campuran abu ampas tebu sebagai substitusi sebagian semen menurun dibandingkan beton normal, tetapi masih masuk kedalam rentang  $\pm 3,5$  MPa dari beton normal umur 28 hari, yaitu 19,418 - 26,418 MPa pada beton AAT 5%. Hal ini juga terjadi pada kuat lentur beton abu ampas tebu menurun dibandingkan dengan beton normal.
3. Pada beton dengan pemanfaatan campuran abu ampas tebu sebesar 5% menghasilkan kuat tekan beton tertinggi, yaitu sebesar 19,712 MPa pada umur 28 hari dan 24,805 MPa pada umur beton 56 hari.
4. Hasil pengujian kuat lentur beton dengan pemanfaatan abu ampas tebu sebesar 5 % menghasilkan kuat lentur tertinggi, yaitu sebesar 3,600 MPa pada pengujian umur 28 hari.

### 5.2 Saran

1. Perlu diperhatikan kembali mengenai cara pembakaran yang baik agar dapat menghasilkan kandungan *silica* yang optimum pada abu ampas tebu ini.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang besarnya nilai absorpsi pada abu ampas tebu ini karena pada hasil penelitian ini dengan penambahan variasi abu ampas tebu terjadi penurunan pada *workability* beton

yaitu pada saat pengujian *slump* beton.

3. Perlu dilakukan penambahan jumlah variasi abu ampas tebu dibawah 5%.

## 6. Daftar Pustaka

- ACI 211.1-91. (2002). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal , Heavyweight , and Mass Concrete, (Reapproved), 1–38.
- ASTM, C. 618-05. 2005. “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use.”
- Karimah dan Wahyudi, Y. 2015. “Pemakaian Abu Ampas Tebu Dengan Variasi Suhu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton.” *Fakultas Teknik* 13(2):167–73.
- Leneldo. 2012. "Pemanfaatan Abu Ampas Tebu (AAT) Sebagai Campuran Beton Pengganti Semen."
- Nawy, G. 1998. “Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar.”
- Rompas, G. P., J. D. Pangouw, R. Pandaleke, dan J. B. Mangare. 2013. “Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas.” *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.2, Januari 2013* (82-89) 1(2).
- SNI, 03-4431-1997. “Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan.” 1–9.
- SNI 03-1974-1990. “Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.” *Balitbang PU* 2–6.