

## Studi Kuat Lentur Pemanfaatan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen dalam Pembuatan Papan Semen Rata dengan Penguat Serat *Polypropylene* dari Limbah Karung Plastik

Putri Nabiilah Anwar<sup>1</sup>, Luqman Cahyono<sup>1\*</sup>, dan Wiwik Dwi Pratiwi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya

\*E-mail: luqmancahyono24@ppns.ac.id

### Abstrak

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 *fly ash* dari fasilitas PLTU termasuk limbah non B3 yang dapat dimanfaatkan sebagai substitusi bahan baku pembuatan barang konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *fly ash* sebagai substitusi semen berpenguat serat *polypropylene* dari limbah karung plastik pada pembuatan papan semen rata non asbestos dengan metode penelitian secara eksperimental. Variasi *fly ash* yang digunakan sebesar 0%, 45%, 55%, dan 75% serta serat *polypropylene* sebesar 0,1% dari total massa campuran. Serat *polypropylene* dipilih karena mampu meningkatkan daktilitas. Benda uji yang digunakan berukuran 30 cm x 10 cm x 2 cm dengan usia curing selama 28 hari. Hasil pengujian kuat lentur mencapai nilai tertinggi pada variasi substitusi *fly ash* 45% sebesar 55,918 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan variasi *fly ash* sebanyak 0%, 55%, dan 75% secara berurutan memiliki kuat tekan sebesar 40,726 kg/cm<sup>2</sup>; 53,074 kg/cm<sup>2</sup>; dan 51,066 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian tersebut belum memenuhi nilai minimal pada SNI 8299:2017 yaitu sebesar 100 kg/cm<sup>2</sup>, namun masih dapat dimanfaatkan sebagai nilai acuan dalam pembuatan *concrete tile* untuk keperluan pedestrian.

**Kata Kunci:** *Fly Ash*, PLTU, Serat *Polypropylene*, Limbah Karung, Kuat Lentur

### 1. PENDAHULUAN

Menurut SNI 06-6867-2002 abu terbang (*fly ash*) adalah sisa hasil pembakaran serbuk batu bara dari tungku uap yang terbawa gas buangan cerobong asap atau hasil sampingan dari pembakaran batu bara sebagai bahan dasar pembangkit listrik tenaga uap yang memiliki sifat *pozzolan* buatan dengan bentuk halus dan bulat. Kelas *fly ash* terbagi menjadi dua bagian yaitu, kelas F dan kelas C, hal ini berdasarkan ASTM C-618-19. Pembagian kelas *fly ash* berdasarkan komposisinya dapat dilihat pada Tabel 1.1 dibawah ini.

*Fly ash* yang berasal dari proses pembakaran pada fasilitas Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) atau kegiatan lain yang menggunakan teknologi selain *stocker boiler* dan/ atau tungku industri masuk dalam kategori limbah non B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) berdasarkan Lampiran XIV Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Meskipun termasuk dalam Limbah non B3, Musfirah (2020) mempelajari bahwa *Fly ash* yang terbang bebas di udara dapat menjadi ancaman apabila terhirup karena mengandung banyak residu kimia yang seharusnya tidak dihirup manusia, seperti silika dioksida SiO<sub>2</sub>, baik berupa kristal ataupun debu yang terkadang juga bercampur dengan besi ataupun kapur. *Fly ash* juga dapat berbahaya jika dibiarkan tertumpuk di *landfill* atau lahan kosong dan bercampur dengan air hujan karena akan ada peristiwa perliindihan yang terjadi secara alami dan akan terserap ke dalam tanah, hasilnya air tanah pun tercemar dan tingkat kualitas air tanah pun menurun, maka dar itu *fly ash* dapat digunakan sebagai substitusi bahan baku untuk pembuatan bahan konstruksi seperti beton, paving block, atau papan semen rata non asbestos. Nilai ekonomis *fly ash* yang relatif murah dan sifatnya yang *pozzolan* atau sifatnya yang dapat mengikat jika bereaksi dengan Kalsium Hidroksida (reaksi antara semen dan air) mendorong pelaku industri memakai material *fly ash* sebagai bahan campuran pada semen. Menurut Setiawati (2018) dengan tambahan air, ukuran yang halus, serta kandungan oksida silika yang terkandung dalam *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen sehingga menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Kalsium silikat merupakan

senyawa padat yang tidak mudah larut dalam air yang mengisi pori-pori beton yang dapat memberikan kontribusi mekanik pada beton yang lebih baik (Alexander dkk, 2015).

Serat *polypropylene* (PP) merupakan serat sejenis plastik (*polypropylene*) yang di produksi khusus dengan teknologi tinggi. Merupakan senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia  $C_3H_6$  yang berupa filamen tunggal ataupun jaringan serabut tipis yang berbentuk jala dengan ukuran panjang 6 mm sampai 50 mm dan memiliki diameter 8 - 90 mikron (Hasan dkk, 2013). Faldo, dkk (2021) menjelaskan bahwa serat *polypropylene* merupakan bahan dasar yang umum digunakan dalam memproduksi bahan – bahan yang terbuat dari plastik. Pertama kali fiber digunakan dalam industri tekstil karena harganya murah dan dapat menghasilkan produk yang berkualitas. Menurut *ACI Committee 544* (1982) serat *polypropylene* dapat memperbaiki sifat – sifat beton antara lain daktilitas yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi, ketahanan terhadap beban kejut, ketahanan terhadap keausan, dan ketahanan terhadap pengaruh susutan (*shrinkage*). Plastik jenis *polypropylene* dapat ditemui pada produk karung beras, tali berbahan plastik (rafia), sedotan plastik, dan botol minum.

Menurut SNI 8299:2017 Papan semen rata non asbestos adalah suatu bahan dalam bentuk lembaran rata yang dibuat dari campuran semen portland, serat (baik serat selulosa dan atau serat sintetik), dan bahan pengisi anorganik selain pasir silika dengan perbandingan tertentu tanpa menggunakan serat asbestos/ *chrysotile*. Menurut Umam (2020) papan semen rata non asbestos atau GRC (*Glassfiber Reinforced Concrete*) umumnya digunakan sebagai plafon ataupun partisi, namun jika dikembangkan lebih jauh, GRC juga bisa digunakan sebagai bata GRC untuk dinding, yang tentu akan sama seperti batako atau bata beton. Jika dibandingkan dengan batako, bata GRC tentu memiliki keunggulan yaitu lebih ekonomis, lebih estetik, namun memiliki kekuatan yang setara dengan bata beton atau batako. Menurut jenisnya papan semen rata non asbestos dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Papan semen rata non asbestos non tekstur yang merupakan lembaran atau papan dengan permukaan rata
2. Papan semen rata non asbestos non tekstur, yang berbentuk lembaran atau papan dengan permukaan tidak rata atau mempunyai pola

Papan semen rata non asbestos memiliki persyaratan fisik yang perlu dipenuhi seperti pada **Tabel 1**. sebagai berikut.

**Tabel 1.** Tabel Persyaratan Fisik Papan Semen Rata non Asbestos

Persyaratan Fisik	Nominal
Kepadatan ( <i>density</i> )	1,15 g/cm <sup>3</sup>
Kuat Lentur	100 kg/cm <sup>2</sup>
Perubahan panjang akibat penyerapan air	0,25%
Tingkat Ketahanan Api	-/20/20 dalam satuan menit

(Sumber: SNI 8299:2017)

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *fly ash* (abu terbang) sebagai substitusi semen dalam pembuatan papan semen rata non asbestos dengan penguat berupa serat *polypropylene* (PP) dari limbah karung plastik. Penggunaan limbah berupa *fly ash* dan karung bekas diharapkan dapat menghasilkan produk papan semen rata non asbestos yang bermutu dan ramah bagi lingkungan.

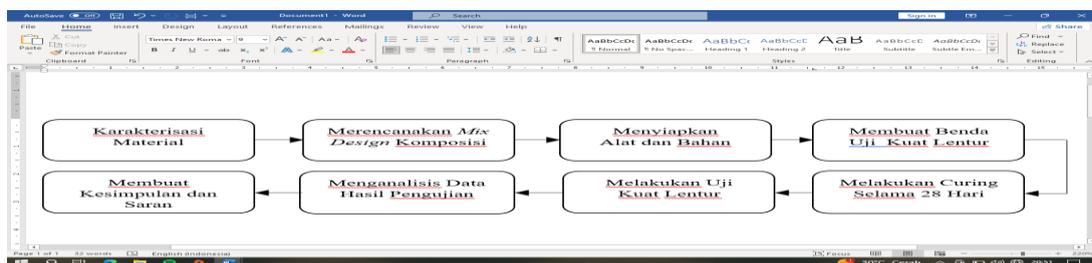
## 2. METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental dengan menggunakan analisis data eksperimen dan teori berdasarkan literatur yang ada. Dalam melakukan eksperimen peneliti memanipulasikan suatu stimulan, *treatment* atau kondisi-kondisi eksperimental, kemudian mengobservasi pengaruh yang diakibatkan oleh adanya perlakuan atau manipulasi tersebut. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar membuat keputusan. Tahapan penelitian dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Bahan utama dan peralatan yang digunakan meliputi:

- 1) Semen Portland jenis 1 yaitu *Ordinary Portland Cement* (OPC)
- 2) Agregat Halus berupa pasir Lumajang yang lolos ayakan 2,4 mm. Rasio kebutuhan agregat: semen menurut *Glassfibre Reinforced Concrete Association International* (2017) sebesar 0,5-1,5. Pada penelitian ini digunakan rasio 1,5:1

- 3) Air demineral yang diperoleh melalui proses pemurnian *reverse osmosis* (pemurnian). Kebutuhan air menurut *Glassfibre Reinforced Concrete Association International* (2017) sebanyak 0,3-0,4 dari massa total binder. Pada penelitian ini digunakan Faktor Air Semen terhadap binder sebesar 0,3.
- 4) Serbuk  $\text{CaCO}_3$  (Kalsium karbonat) dalam campuran beton digunakan sebagai bahan pengganti semen sebagian yang dapat mempercepat proses hidrasi (*accelerator*) pada beton. penambahan  $\text{CaCO}_3$  atau kapur dengan kadar 2% dan 4% menunjukkan adanya penurunan *setting time* (*setting* awal dan *setting* akhir) yang berarti semakin cepat pasta semen mengering karena semakin kecil nilai pengikatnya (Cahyono dkk., 2019).
- 5) *Fly Ash* kelas F yang berasal dari industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Jawa Timur yang memiliki komposisi  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 50\%$ ,  $\text{CaO} \leq 18\%$ ,  $\text{SO}_3 < 5\%$ , dan tertahan di ayakan  $45 \mu\text{m}$  (No. 325)  $< 35\%$  sesuai dengan ASTM C-618-19 .
- 6) Serat *polypropylene* (PP) yang berasal dari potongan limbah karung plastik dengan ukuran panjang kurang lebih 12 mm dan lebar 10 mm.
- 7) Peralatan sekop, wadah cat bekas, mesin pengaduk, gelas ukur, timbangan analiti, cetakan dengan ukuran 30 cm x 10 cm x 2 cm, dan kain bekas.

Pembuatan benda uji dicetak dengan empat variasi dengan jumlah tiga buah setiap variasinya. Kuat lentur yang disyaratkan pada SNI 8299:2017 sebesar  $100 \text{ kg/cm}^2$ . Rasio agregat halus dengan binder sebesar 1,5:1. Presentase fly ash yang digunakan sebagai substitusi semen sebesar 0%, 45%, 55%, dan 75%, sedangkan serat polypropylene sebesar 0,1% dari total massa material yang digunakan. Faktor Air Semen yang digunakan sebanyak 3% dari total massa binder, hal ini berdasarkan persyaratan yang tertulis pada *Glassfibre Reinforced Concrete Association International* (2017). Tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji hingga pengujian ditunjukkan dalam diagram alir pada **Gambar 1**. sebagai berikut.



**Gambar 1.** Diagram Alir

- 1) Pembuatan benda uji dilakukan dengan mencampur setiap material sesuai dengan perhitungan komposisi yang dapat dilihat pada **Tabel 2**. Serat disebar dengan metode *randomly oriented discontinuous* yaitu penguat berupa serat pendek yang disebar acak (Tjahjanti, 2018). Kemudian adonan dimasukkan dalam cetakan 30 cm x 10 cm x 2 cm.

**Tabel 2.** Komposisi Material Setiap Variasi

Kode Benda Uji	Pasir	OPC	Fly ash	$\text{CaCO}_3$	Serat	Air
	%					
PSR_0	60	40	0	0	0,1	0,3 Terhadap total massa binder
PSR_45	60	20	18	2	0,1	
PSR_55	60	26	22	2	0,1	
PSR_75	60	8	30	2	0,1	

Keterangan:

- PSR\_0 = 0% substitusi *fly ash*
- PSR\_45 = 45% substitusi *fly ash*
- PSR\_55 = 55% substitusi *fly ash*
- PSR\_75 = 75% substitusi *fly ash*

2) Perawatan benda uji atau dikenal sebagai proses *curing* dilakukan dengan membungkus benda uji yang telah berumur satu hari menggunakan kain basah dan telah dilepas dari cetakan. *Curing* dilakukan selama 28 hari.

3) Pengujian kuat lentur dilakukan setelah proses *curing* berakhir. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan satu titik pembebanan. Data yang didapatkan dari mesin pengujia kuat lentur diolah dan dihitung menggunakan rumus pada persamaan (1)

$$\text{Kuat Lentur} = \frac{3PL}{2bh^2} = \frac{3PL}{2bh^2} \text{ kg/cm}^2 \quad (1)$$

Keterangan:

P = beban patah (kgf)

L = jarak tumpu (cm)

b = lebar benda uji (cm)

h = tebal benda uji yang diukur pada bidang patah (cm)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

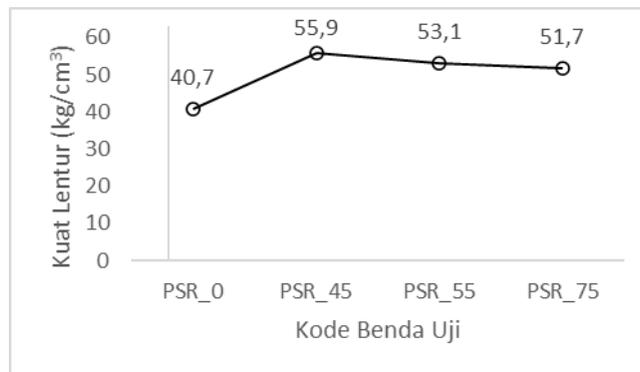
Dari pengujian kuat lentur yang dilaksanakan di laboratorium pada benda uji papan semen rata non asbestos menunjukkan rata rata kuat lentur memperoleh hasil tertinggi pada variasi substitusi fly ash sebesar 45% dengan usia benda uji 28 hari, sebesar 55,918 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan hasil pengujian kuat lentur terendah terdapat pada variasi control yaitu benda uji tanpa substitusi fly ash dengan nilai 40,726 kg/cm<sup>2</sup> dan benda uji dengan variasi substitusi *fly ash* sebesar 75% dengan nilai kuat lentur sebesar 51,066 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian kuat tekan secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 3.** berikut.

**Tabel 3.** Hasil Uji Kuat Lentur Papan Semen Rata Non Asbestos Usia 28 Hari

Kode Benda Uji	Beban Patah (N)	Beban Patah (kgf)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata Rata Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
PSR_0	660,2198	67,342	42,089	40,726
	575,103	58,661	36,663	
	681,205	69,483	43,427	
PSR_45	852,578	86,963	54,352	55,918
	778,31	79,388	49,617	
	1000,55	102,056	63,785	
PSR_55	858,26	87,543	54,714	53,074
	821,796	83,823	52,389	
	817,529	83,388	52,117	
PSR_75	829,636	84,623	52,889	51,066
	673,918	68,740	42,962	
	899,57	91,756	57,348	

Melalui Tabel 3.1 dapat disimpulkan bahwa kuat lentur mengalami kenaikan pada benda uji variasi 45%. Muis dkk. (2021) mempelajari bahwa sifat pozzolan dari *fly ash* membuat pori pori yang menjadi lebih kecil dan mengisi rongga antara butiran agregat, sedangkan penurunan nilai kuat lentur terjadi ketika substitusi *fly ash* pada variasi 55% dan 75% karena perilaku *fly ash* dalam reaksi hidrasi berjalan lambat dan terjadinya evaporasi pada mortar akibat perawatan kering udara (*air curing*) sehingga berkurangnya peningkatan kekuatan. Penguapan ini menghilangkan air pori, sehingga mengakibatkan adanya tegangan kapiler yang menyebabkan dinding-dinding kapiler tertarik dan volume menyusut. Sifat pozzolanik dari *fly ash* yang memperlambat proses pengikatan semen Portland (Putri dkk., 2022). Penambahan *fly ash* pada campuran dibatasi oleh kadar optimum

(Kabir dkk., 2018) Faktor lain yang mempengaruhi nilai kuat lentur adalah penggunaan serat *polypropylene* yang terlampau sedikit, padahal serat *polypropylene* memiliki sifat yang mampu meningkatkan daktilitas yang berpengaruh pada kualitas benda uji tersebut (*ACI Committee 544, 1982*). Perlu diketahui bahwa jumlah serat yang dianjurkan oleh *Glassfibre Reinforced Concrete Association International* (2017) berada pada rentang 2-3%. Pada pengujian yang telah dilakukan oleh Hasan, dkk (2013) menunjukkan pada beton serat dengan dosis 0,6% terjadi kenaikan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 5,2404 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 11,26% dari beton normalnya. Penelitian lain menunjukkan bahwa penambahan serat poliprophylene dapat meningkatkan kuat lentur sebesar 4.12 % pada penambahan serat sebesar 3% (Zuraidah dkk.,2018). Berikut disajikan grafik nilai uji kuat lentur pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Grafik Nilai Uji Kuat Lentur umur 28 hari

Pengujian nilai kuat lentur terhadap benda uji papan semen rata non asbestos usia 28 hari pada penelitian ini belum memenuhi batas nilai minimal yang tertera pada SNI 8299:2017 sebesar 100 kg/cm<sup>2</sup>, sehingga tidak perlu dilakukan pengujian dan pecantuman nilai uji kuat lentur pada usia dibawah 28 hari, hal ini berdasarkan *Glassfibre Reinforced Concrete Association International* (2017). Hasil pengujian kuat lentur yang didapatkan dari penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam pembuatan *concrete tile* yang digunakan untuk pedestrian seperti pada ubin yang dipasang di pinggir kolam renang. Produk ini membutuhkan kuat lentur rata-rata 35 kg/cm<sup>2</sup> (Cisangkan, 2018).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur benda uji papan semen rata non asbestos, nilai tertinggi kuat lentur terdapat pada sampel uji dengan penguat berupa serat polypropylene dan substitusi *fly ash* sebanyak 45% yaitu 51,1 kg/cm<sup>2</sup> pada usia 28 hari. Namun nilai ini masih belum memenuhi nilai minimal uji kuat lentur untuk papan semen rata non asbestos yaitu sebesar 100 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini dapat terjadi akibat presentase penggunaan serat terlalu sedikit jika dibandingkan dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh *Glassfibre Reinforced Concrete Association International* (2017) yaitu sebesar 2-3%, sehingga benda uji memiliki daktilitas yang cukup rendah. Faktor lain dari penurunan nilai kuat tekan pada variasi substitusi *fly ash* sebesar 55% dan 75% adalah *fly ash* tidak mampu melakukan proses hidrasi secara maksimal karena adanya pengurangan penggunaan semen.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada seluruh karyawan Laboratorium Uji Bahan PPNS, Laboratorium Beton Diploma Teknik Sipil- Kampus ITS Kampus Manyar, Laboratorium Beton dan Komputasi Mekanik-Kampus ITS Sukolilo yang membantu selama proses penelitian berlangsung.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 544. (1982). *State of the report on fiber reinforced concrete - Report: ACI 544 IR-82*. Farmington Hills: American Concrete Institute.

Alexander, Hendra, dkk. (2015). Pemanfaatan Bahan Limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap pada Campuran Beton K-225. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 12, No. 1. Halaman: 1-10.

ASTM C 618-19-2019. (2005). *Standart Specification For Coal Fly ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*

Cahyono, Eko, dkk. (2019). Karakterisasi Kalsium Karbonan dari Cangkang Landak (*Diadema setosum*). Jurnal Fishtech. Vol. 8, No. 1. Halaman: 27-33

Cisangkan. (2018). Catalog of Products.

Faldo, Fransisco, dkk. (2021). Pengaruh Efektifitas Penggunaan Serat Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Journal of Civil Engineering and Planning. Vol. 2, No. 1. Halaman : 77-84.

GRCA International. 2017. *Specification for the Manufacture, Curing & Testing of Glassfibre Reinforced Concrete (GRC) Products. United Kingdom: The International Glassfibre Reinforced Concrete Association (GRCA).*

Hasan, dkk. (2013). Pengaruh Penambahan Polypropylene Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton. Jurnal Mektek. Vol. 2 , No. 1.

Muis, Abdul. (2021). Pengaruh Penggunaan Fly Ash dengan Volume Tinggi dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Lentur Beton Mutu Tinggi. Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe. Vol. 5, No. 1. Halaman: 104-107.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 19/ 2021 Tentang Tata Cara Pengelolaan Limbah Non Bahan Berbahaya dan Beracun.

Putri, Fenny Nadilla, dkk. (2022). Pengaruh Penggunaan Presentase Fly Ash dan Perawatan Terhadap Kuat Lentur Mortar. Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe. Vol. 6, No. 1. Halaman: 94-97

Setiawati, Mira. (2018). *Fly Ash* sebagai Bahan Pengganti Semen pada Beton. Seminar Nasional Sains dan Teknologi. 1-8.

SNI 06-6867-2002. (2002). Spesifikasi Abu Terbang dan Pozolan Lainnya untuk Digunakan Dengan Kapur. BSN, ICS 91.100.10, 1-10.

SNI 8299:2017. (2017). Papan Semen Rata non Asbestos. BSN, ICS 91.100.40, 1-17.

Tjahjanti, Prantasi Harmi. (2018). Buku Ajar Teori dan Aplikasi Material Komposit dan Polimer. Sidoarjo: Umsida Press.

Umam, Ahmad Syariful. (2020). Analisa Kekuatan Komposit Bata GRC (*Glassfiber Reinforced Concrete*) dengan Bahan Isian Biji Plastik Terhadap Kuat Tekan, Kuat Lentur, dan Daya Serap Air. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2020. Halaman: 31-37.

Zuraidah, Safrin, dkk. (2018). Penggunaan Serat *Polypropylene* dari Limbah *Strapping Band* Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. Seminar Nasional Ilmu Terapan Universitas Widya Kartika.