

## PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI DAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN PADA SEGMENT KOLON STRUKTUR MODULAR BETON RAMAH LINGKUNGAN

Azizah Dara Alviana<sup>1</sup>, Chundakus Habsya<sup>2</sup>, Rima Sri Agustin<sup>2</sup>  
Email: daraalviana@gmail.com

Diterima : 25 Mei 2021  
Disetujui : 1 September 2021  
Terbit : 31 Desember 2021

**Abstrak :** Pembangunan konstruksi di Indonesia terus mengalami peningkatan dan membutuhkan inovasi komponen bangunan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis: (1) persentase optimal substitusi abu sekam padi dan *fly ash* terhadap kuat tekan segmen kolom struktur modular beton. (2) persentase optimal substitusi abu sekam padi dan *fly ash* terhadap penyerapan air segmen kolom struktur modular beton (3) kriteria ramah lingkungan segmen kolom struktur modular beton menggunakan abu sekam padi dan *fly ash*. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimen dengan standar uji kuat tekan SNI 7833-2012 dan penyerapan air SNI 03-6433-2000 dengan umur perawatan 28 hari. Sampel penelitian memiliki komposisi campuran bahan semen: pasir: kerikil yaitu 1: 2,67: 2,89 dan nilai FAS 0,55. Persentase abu sekam padi terhadap substitusi sebagian semen yaitu 10% dan persentase *fly ash* terhadap substitusi sebagian semen yaitu 10%, 15%, dan 20%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Kuat tekan maksimal terjadi pada persentase optimal 10% abu sekam padi dan 15% *fly ash*, sebesar 142,15 kgf/cm<sup>2</sup>. (2) Penyerapan air minimal terjadi pada persentase optimal 10% abu sekam padi dan 15% *fly ash*, sebesar 6,262%. (3) penggunaan abu sekam padi dan *fly ash* memiliki ciri-ciri beton ramah lingkungan dan mampu mengurangi gas emisi CO<sub>2</sub> sebesar 67,91 kg per m<sup>3</sup>.

**Kata Kunci :** segmen kolom struktur, kuat tekan, penyerapan air, ramah lingkungan, abu sekam padi, *fly ash*

**Abstract :** Construction development in Indonesia to increase and requires innovation of environmentally friendly building components. This study aims to analyze: (1) the optimal percentage of substitution of rice husk ash and fly ash on the compressive strength of the concrete modular structure column segments. (2) the optimal percentage of substitution of rice husk ash and fly ash on the water absorption of the concrete modular structure column segments. (3) the environmental friendly criteria for the concrete modular structure column segments using rice husk ash and fly ash. This research is an experimental quantitative research with compressive strength test standard SNI 7833-2012 and water absorption SNI 03-6433-2000 with 28 days of curing. The sample has a composition of a mixture of cement: sand: gravel that is 1: 2.67: 2.89 and the FAS value is 0.55. The percentage of rice husk ash to partial substitution of cement is 10% and the percentage of fly ash to partial substitution of cement is 10%, 15%, and 20%. The results showed that: (1) The maximum compressive strength occurred at the optimal percentage of 10% rice husk ash and 15% fly ash, amounting to 142.15 kgf/cm<sup>2</sup>. (2) Minimum water absorption occurs at the optimal percentage of 10% rice husk ash and 15% fly ash, which is 6.262%. (3) the use of rice husk ash and fly ash concrete has characteristics environmentally friendly and able to reduce CO<sub>2</sub> emissions amounted to 67.91 kg per m<sup>3</sup>.

**Keywords:** *Compressive strength, environmentally friendly, fly ash, rice husk ash, structure column segment, water absorption.*

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

## PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi rumah tinggal di Indonesia terus meningkat. Komponen struktur yang tersusun sangat perlu diperhatikan untuk mendapatkan bangunan yang layak huni, salah satunya ialah kolom. Pembuatan kolom yang dilakukan secara konvensional dengan cara memasang bekisting terlebih dahulu lalu melepasnya kembali menjadi salah satu kelemahan pembuatan kolom secara konvensional. Maka dari itu, diperlukan adanya inovasi beton pra pabrikasi untuk mengatasi kelemahan pembuatan kolom secara konvensional. Menurut SNI 7833-2012, beton pra pabrikasi merupakan konstruksi yang komponen pembentuknya dicetak atau di pabrikasi. Sistem beton pra pabrikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah segmen kolom struktur modular beton.

Segmen kolom struktur modular beton merupakan beton pra pabrikasi kolom struktur rumah yang berbentuk segi empat berdimensi modular dan terdapat takikan pada masing-masing dinding luar yang berbentuk trapesium dan berfungsi sebagai perkuatan sambungan dengan dinding atau kusen (Handri et al., 2015). Segmen kolom struktur modular beton ini dapat digunakan untuk berbagai ukuran tinggi kolom sesuai kelipatan dimensi modul 15 cm dan tidak membutuhkan bekisting pada saat proses pembuatannya. Bahan material penyusun segmen kolom struktur modular beton ini sama dengan beton pada umumnya, yaitu semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan. Namun, jenis campuran adukan

beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis adukan beton kering (*dry concrete*) yang memiliki perbedaan pada nilai slump dan juga jumlah kadar air yang digunakan dalam proses pengadukan, yaitu relatif lebih sedikit dibandingkan beton normal. Permintaan beton yang semakin meningkat berpengaruh terhadap kebutuhan material penyusun beton yang semakin tinggi, dan salah satunya ialah semen. Penggunaan semen yang terus meningkat dapat berdampak negatif terhadap lingkungan, yaitu emisi  $CO_2$  yang berasal dari proses pembakaran dan penggilingan. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian untuk mendapatkan alternatif pengganti semen yang ramah lingkungan.

Menurut O'Regan (1999) pembuatan material penyusun beton ramah lingkungan dapat dilakukan dengan mewujudkan empat usaha kelangsungan dan konservasi lingkungan, yaitu: pengurangan emisi gas rumah kaca (terbesar adalah  $CO_2$ ), efisiensi energi dan material dasar, penggunaan material buangan dan pengurangan efek yang mengganggu kesehatan atau keselamatan pada pengguna konstruksi dengan menggunakan konsep *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Konsep yang digunakan dalam inovasi beton ramah lingkungan yaitu penggunaan kembali limbah suatu bahan dengan cara diolah terlebih dahulu. Bahan yang digunakan sebagai substitusi parsial semen dalam penelitian ini adalah abu sekam padi dan *fly ash*.

Abu sekam padi merupakan material limbah sekam padi yang sudah tidak lagi digunakan untuk proses lanjutan. Sekam padi

biasa didapat dari proses penggilingan padi yang menghasilkan kulit gabah cukup banyak dan akan menjadi material sisa penggilingan padi. Kulit gabah ini yang dapat digunakan dalam pembakaran batu bata yang terdiri dari bahan mudah terbakar sekitar 75% dan akan berubah menjadi abu sebanyak 25%, abu ini yang dikenal sebagai abu sekam padi dan memiliki kandungan silika sekitar 85%-90% yang akan digunakan sebagai bahan substitusi parsial semen (Nugraha, 2007). Selain menggunakan abu sekam padi, bahan yang dapat digunakan sebagai substitusi semen adalah limbah pembakaran batubara atau yang biasa dikenal dengan abu terbang (*fly ash*).

*Fly Ash* merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, dan bersifat pozolnik. Menurut ACI Committee 226, (1988) *fly ash* dapat digolongkan menjadi 3 kelas, yaitu *fly ash* kelas F yang dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit atau batubara bituminous, *fly ash* kelas C dihasilkan dari pembakaran batubara berjenis lignite atau subbitumes dan yang terakhir *fly ash* kelas N, dihasilkan dari proses pembakaran ataupun tidak melalui proses pembakaran dan berjenis diatomik, opalin, shales, dan chart, tanah diomik, tuff, dan abu vulkanik. Saat ini, penggunaan batubara di kalangan industri terus meningkat, karena harganya yang relatif murah dibandingkan bahan bakar minyak. Di satu sisi, batu bara sangat menguntungkan, namun di sisi lain dapat menimbulkan masalah. Masalah utama penggunaan batubara ialah abu batubara (*fly ash*) yang dapat mencemari lingkungan. Maka dari itu, diperlukan penelitian tentang substitusi abu sekam padi dan *fly ash* terhadap semen pada segmen kolom struktur modular beton.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium untuk mendapatkan nilai variasi optimal pemanfaatan abu sekam padi dan *fly ash* sebagai bahan substitusi parsial semen terhadap kuat tekan dan penyerapan air.

Perhitungan komposisi campuran (*mix design*) dilakukan untuk menentukan kebutuhan semen, pasir, kerikil, air dan bahan tambah lainnya. Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu abu sekam padi dengan variasi 10% dan *fly ash* dengan variasi 10%, 15%, dan 20% sebagai bahan substitusi parsial semen. *Mix design* penelitian ini memiliki perbandingan volume campuran bahan yaitu 1 Pc : 2.67 Ps : 2.89 Kr dengan nilai fas 0.55. Komposisi bahan per 1 m<sup>3</sup> segmen kolom struktur modular beton yaitu semen sebanyak 327.3 kg, air 180 liter, pasir 875 kg, dan kerikil 947.7 kg.

Populasi penelitian ini adalah segmen kolom struktur modular beton dengan substitusi parsial semen menggunakan abu sekam padi dan *fly ash*. Sampel dalam penelitian ini adalah segmen kolom struktur modular beton berdimensi 300 mm x 300 mm x 150 mm.

Rincian sampel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 Sampel Penelitian Benda Uji

Abu Sekam Padi	<i>Fly Ash</i>	Kuat Tekan	Penyerapan Air
		Benda Uji	Benda Uji
10%	10%	3	3
	15%	3	3
	20%	3	3

Jumlah	9	9
--------	---	---

Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil penelitian dan pengamatan yang dilakukan di laboratorium. Hasil data tersebut yaitu:

1. Pengujian agregat halus berupa uji kadar air, kadar lumpur, *specific gravity*, kandungan zat organik dan gradasi.
2. Pengujian agregat kasar berupa uji kadar air, abrasi, *specific gravity* dan gradasi.
3. Perhitungan campuran kebutuhan bahan (mix design) dan hasil uji kuat tekan serta penyerapan air segmen kolom struktur modular beton.

Data sekunder didapatkan dari literatur/referensi berupa buku-buku yang relevan dan jurnal penelitian yang dapat menunjang berlangsungnya penelitian.

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat
  - a. *Mixer* campuran beton kering  
Digunakan sebagai wadah untuk mencampur semua bahan yang dibutuhkan.



Gambar 1. Mixer

- b. Mesin Pencetak  
Digunakan sebagai pencetak segmen kolom struktur modular beton (300 mm x 300 mm x 150 mm).



Gambar 2. Mesin Pencetak

- c. CTM (*Compression Testing Machine*)

Digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan segmen kolom struktur modular beton.



Gambar 3. CTM

- d. Oven  
Digunakan untuk mengeringkan kadar air pada benda uji saat dilakukan uji penyerapan air



Gambar 4. Oven

2. Bahan
  - a. Semen tipe I yaitu semen Dynamix.
  - b. Air.

- c. Pasir yang digunakan berasal dari Gunung Merapi, Klaten.
- d. Kerikil ukuran maksimal 1 cm.
- e. Abu sekam padi didapatkan dari industri batu bata.
- f. *Fly Ash* yang digunakan tipe F

Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan perhitungan rencana adukan. Pencampuran bahan menggunakan *mixer* dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), *fly ash*, abu sekam padi, dan semen. Setelah semua tercampur rata, dilakukan penambahan air secara sedikit-sedikit hingga adukan tercampur rata dan menggumpal. Ketika proses pengadukan menggunakan *mixer*, diperlukan juga perataan bahan secara manual menggunakan cetok. Hal ini dilakukan karena adanya adonan yang menggumpal di tangkai *mixer* pada saat proses pengadukan. Dalam waktu yang bersamaan ketika dilakukan pengadukan menggunakan *mixer*, dilakukan juga persiapan mesin pencetak dengan memasang kayu sebagai alas cetakan di mesin pencetak lalu menaikkan tuas penggerak cetakan agar cetakan turun tepat di atas alas.

Adukan yang telah tercampur rata dan siap untuk dicetak dimasukkan kedalam cetakan secara bertahap. Setelah cetakan terisi setengah, dilakukan penggetaran agar adukan terisi merata. Selanjutnya cetakan kembali diisi hingga penuh dan cetakan ditutup dengan menaikkan tuas cetakan. Kemudian mesin pencetak digetarkan dengan menginjak pedal pada bagian bawah mesin hingga penutup cetakan turun menekan adukan beton dalam cetakan.

Mesin pencetak dimatikan dan tutup cetakan dinaikkan dengan tuas penggerak hingga berada diatas benda uji. Segmen kolom struktur modular beton telah selesai dicetak, diamkan  $\pm 2$  menit, kemudian produk dipindahkan dan dilakukan perawatan

ditempat yang tidak terkena sinar matahari langsung agar produk tidak mengalami retak dan proses pengeringan bisa berjalan secara bertahap.

## PENGUJIAN

### 1. Kuat Tekan Segmen Kolom Struktur Modular Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya desak tertentu, yang dihasilkan oleh mesin desak (SNI 03-1974-1990). Alat yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dalam penelitian ini yaitu *Compression Testing Machine* (gambar 3).

Cara pengujian kuat tekan menurut SNI 03-1974-1990 memiliki beberapa tahap, yaitu:

- a. Benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris
- b. Mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik
- c. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji

Rumus Perhitungan:

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

Dengan :

P = kuat tekan N/cm<sup>2</sup>

F = gaya maksimum mesin tekan, N

A = luas penampang yang diberi tekanan, cm<sup>2</sup>

### 2. Penyerapan Air Segmen Kolom Struktur Modular Beton

Daya serap merupakan kemampuan beton untuk menyerap air pada saat direndam dalam air hingga tidak mampu

menyerap lagi karena sudah penuh atau yang biasa disebut dengan massa jenuh. Besar kecilnya penyerapan air dipengaruhi oleh pori-pori yang terdapat pada beton. Semakin banyak pori-pori yang terdapat pada beton, maka akan semakin besar pula nilai penyerapan sehingga ketahanannya akan berkurang.

Cara pengujian penyerapan air menurut SNI 03-0349-1989 memiliki beberapa tahap, yaitu:

- Benda uji direndam dalam air bersih yang bersuhu ruangan, selama 24 jam
- Kemudian benda uji diangkat dari rendaman, dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 (menit), lalu permukaan bidang benda uji diseka dengan kain lembab.
- Benda uji kemudian ditimbang (A).
- Setelah itu benda uji dikeringkan di dalam dapur pengering pada suhu  $105 \pm 5$  °C, sampai beratnya 2 (dua) kali penimbangan tidak berbeda lebih 0.2% dari penimbangannya terdahulu (B).
- Selisih penimbangan keadaan basah (A) dan keadaan kering (B) adalah jumlah penyerapan air, dan harus dihitung berdasarkan persen berat benda uji kering.

Rumus Perhitungan:

$$PA = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

PA = Penyerapan air (%)

A = Keadaan basah setelah direndam selama 24 jam (kg)

B = Keadaan kering (kg)

### 3. Ramah Lingkungan

Material ramah lingkungan menurut O'Regan (1999) merupakan material yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>), efisiensi energi, dan penggunaan material buangan. Hal

ini dapat dilakukan dengan menggunakan konsep *reduce* atau mengurangi penggunaan bahan-bahan yang dapat merusak bumi seperti semen. *Reuse* atau menggunakan kembali sampah yang masih dapat digunakan seperti abu sekam padi untuk dijadikan sebagai salah satu bahan pengganti semen dan *recycle* atau mendaur ulang bahan sampah agar dapat menjadi produk baru seperti mengolah limbah pembakaran batubara (*fly ash*).

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Segmen Kolom Struktur Modular Beton



Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan gambar 5, nilai kuat tekan rata-rata segmen kolom struktur modular beton yang tertinggi yaitu 142.15 kgf/cm<sup>2</sup> pada persentase substitusi abu sekam padi 10% dan *fly ash* 15%. Nilai kuat tekan pada variasi ini juga mengalami peningkatan sebesar 21.659% dari variasi substitusi abu sekam padi 10% dan *fly ash* 10%. Namun, pada variasi substitusi abu sekam padi 10% dan *fly ash* 20% mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 24.838% dari persentase variasi

substitusi abu sekam padi 10% dan *fly ash* 15%.

Penelitian menggunakan abu sekam padi sebagai bahan substitusi parsial semen juga pernah dilakukan oleh Olutoge (2009) dengan variasi 5%, 10%, 20% dan 30%, menghasilkan kuat tekan optimal pada variasi 10%. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Yusra et al. (2018) menggunakan *fly ash* sebagai bahan substitusi parsial semen dengan variasi 0%, 5%, 8%, 10% dan 15%, menghasilkan kuat tekan optimal pada variasi 15%.

Peningkatan nilai kuat tekan yang terjadi pada variasi abu sekam padi 10% dan *fly ash* 15% disebabkan karena pori-pori yang terdapat pada beton semakin terisi oleh serbuk-serbuk halus abu sekam padi dan *fly ash* sehingga mengakibatkan pori-pori pada beton berkurang (Ardiyati et al., 2013)

Menurut ACI Committee 226 (1988) *fly ash* memiliki butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No.325 (45 mili mikron). Dengan ukuran yang sangat kecil, hal ini memungkinkan butiran-butiran *fly ash* bisa mengisi pori-pori pada segmen kolom struktur modular beton sehingga dapat meningkatkan kuat tekan. Hal ini juga terjadi pada abu sekam padi yang memiliki butiran cukup halus, yaitu lolos ayakan 200 membuat butiran abu sekam padi sangat kecil dan memungkinkan butirannya bisa mengisi pori-pori pada segmen kolom struktur modular beton.

## 2. Hasil Pengujian Penyerapan Air Segmen Kolom Struktur Modular Beton



Gambar 6. Hasil Pengujian Penyerapan Air

Berdasarkan gambar 6, nilai penyerapan air rata-rata segmen kolom struktur modular beton yang terkecil yaitu 6.262% pada persentase penggunaan abu sekam padi 10% dan *fly ash* 15%. Nilai penyerapan air pada variasi ini juga mengalami penurunan sebesar 23.222% dari variasi substitusi abu sekam padi 10% dan *fly ash* 10%. Namun, pada variasi substitusi abu sekam padi 10% dan *fly ash* 20% mengalami kenaikan nilai penyerapan air sebesar 24.625% dari persentase variasi substitusi abu sekam padi 10% dan *fly ash* 15%.

Penelitian menggunakan *fly ash* sebagai bahan substitusi parsial semen juga pernah dilakukan oleh Simamora dan Tambunan (2020) dengan variasi 0%, 15%, 20% dan 30%, menghasilkan nilai penyerapan air yang optimal pada variasi 15%.

Penurunan nilai penyerapan air yang terjadi pada variasi *fly ash* 15% disebabkan karena pada variasi ini *fly ash* mampu menambah lekatan antara material beton yang mengandung silika dan aluminium yang bereaksi secara kimia, dan akan membentuk senyawa yang bersifat mengikat (Zein et al., 2018).

### 3. Kriteria Segmen Kolom Struktur Modular Beton Ramah Lingkungan

Penggunaan abu sekam padi dan fly ash pada segmen kolom struktur modular beton juga dapat dikategorikan kedalam kriteria konsep beton ramah lingkungan. Hal tersebut dikarenakan sebagai berikut:

- a. Abu sekam padi dan fly ash dapat mengurangi atau *reduce* emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari produksi semen sebesar 67.91 kg tiap pembuatan segmen sebanyak 1 m<sup>3</sup> dengan penggunaan 10% Abu Sekam Padi dan 15% Fly Ash.
- b. Material abu sekam padi yang digunakan dalam setiap pembuatan 1 m<sup>3</sup> segmen kolom struktur modular beton yaitu sebanyak 32.7 kg dan fly ash sebanyak 49.1 kg telah memenuhi kriteria sebagai penggunaan kembali dan mendaur ulang material bekas (*reuse* dan *reduce*).
- c. Menggunakan material pra pabrikan. Segmen kolom struktur modular beton merupakan beton pra pabrikan kolom struktur rumah yang dapat digunakan untuk berbagai ukuran tinggi kolom dan tidak membutuhkan bekisting pada saat proses pembuatannya sehingga akan lebih efisien biaya dan waktu.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi optimal dicapai pada substitusi abu sekam padi 10% dan fly ash 15% terhadap semen dengan kuat tekan maksimal segmen kolom struktur modular 142.15 sebesar kgf/cm<sup>2</sup>.
2. Variasi optimal dicapai pada substitusi abu sekam padi 10% dan fly ash 15%

terhadap semen dengan penyerapan air minimal segmen kolom struktur modular sebesar 6.262%.

3. Segmen kolom struktur modular beton menggunakan abu sekam padi dan fly ash sebagai bahan substitusi parsial semen memiliki ciri-ciri beton ramah lingkungan dengan menerapkan konsep *reduce, reuse, recycle* serta dapat mengurangi gas emisi CO<sub>2</sub> dari produksi semen sebanyak 67.91 kg pada penggunaan per m<sup>3</sup> dari beton normal.

### SARAN

Berdasarkan simpulan hasil penelitian pembahasan, maka dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai reaksi kimia yang terjadi antara abu sekam padi, fly ash, agregat, dan semen pada segmen kolom struktur modular beton.
2. Perlu adanya pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai segmen kolom struktur modular beton dengan menggunakan bahan substitusi lain yang inovatif.
3. Adanya penambahan lebih banyak sampel benda uji agar hasil penelitian lebih maksimal.

### DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 226. 1988. Use of Fly Ash in Concrete. *Material Journal*.
- Emalia Majid Simamora, Ramlan Tambunan, H. 2020. Pengaruh Penggunaan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air pada Beton. *Saintek Journal ITM*, 33.
- Handri, S., Habsya, C., & S, T. L. A. 2015. Pengaruh Penggunaan Pecahan Genteng dan Penambahan Fly Ash



- Terhadap Kuat Tekan Segmen Kolom Modular Dan Beban Aksial Komponen Kolom Sebagai Suplemen Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton. *Cybrarians Journal*. 37 : 1–31.
- Nugraha, P. dan A. 2007. *No Title*. Andi Yogyakarta.
- O'Regan, C. 1999. *Structural Use of Glass in Buildings*. Institution of Structural Engineers.
- Olutoge, F. A. 2009. Effect of Rice Husk Ash in the Production of Hollow Sandcrete Block. *Lautech Journal of Engineering and Technology*. 5 (1).
- Putri Ardiyati, Mira Budi Octaviani, Purwanto, & Parang Sabdono. 2013. *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton*, *Karya Teknik Sipil*. 2 (252–262).
- SNI 03-0349-1989. 1989. Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 03-1974-1990. 1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 7833-2012. 2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton prategang Untuk Bangunan Gedung. *Badan Standardisasi Indonesia*.
- Yusra, A., Aulia, T. B., & Jufriadi, J. 2018. Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*. 1 (1), 9–18.
- Zein, K. C. S., Meillyta, & Wahyuni. 2018. Substitusi *Fly Ash* pada Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Rekayasa Sains Dan Teknologi Berkelanjutan Dalam Manajemen Resiko Bencana*. 205–212.