

**PEMANFAATAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN
PADA SEGMENT KOLON STRUKTUR MODULAR BETON RAMAH
LINGKUNGAN**

Imasruroh Janah¹, Chundakus Habsya², Rima Sri Agustin³

Email : Imasruroh12@gmail.com

Diterima : 11 Februari 2021
Disetujui : 05 Juni 2021
Terbit : 28 Juli 2021

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh *fly ash* sebagai substitusi parsial semen dengan variasi 10%, 15%, dan 20% terhadap: 1) penyerapan air segmen kolom struktur modular; 2) kuat tekan segmen kolom struktur modular; 3) kriteria beton ramah lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan uji penyerapan air dan uji kuat tekan segmen kolom struktur modular yang mengacu pada SNI dengan perawatan selama 28 hari. Komposisi bahan yang digunakan untuk setiap segmen yaitu 3,273 kg PC:8,75 kg PS:9,477 Kr dan FAS 0,55. Hasil penelitian menunjukkan: 1) penambahan *fly ash* sebagai substitusi parsial semen berpengaruh pada penyerapan air segmen kolom struktur modular beton dan diperoleh penyerapan air minimal pada variasi *fly ash* 15% yaitu sebesar 5,523%; 2) penambahan *fly ash* sebagai substitusi parsial semen berpengaruh pada kuat tekan maksimal segmen kolom struktur modular beton dan kuat tekan maksimal didapatkan pada variasi *fly ash* 15% yaitu sebesar 168,80 kgf/cm²; 3) *fly ash* sebagai substitusi parsial semen pada kolom struktur modular masuk kategori ramah lingkungan dan dapat mengurangi semen sebanyak 49,09 kg/m³ serta mereduksi gas CO₂ sebanyak 15%.

Kata Kunci : *Fly ash*, kuat tekan, penyerapan air, ramah lingkungan, segmen kolom, struktur modular

Abstract: This study aims to analyze the effect of fly ash as a partial cement substitution with variations of 10%, 15%, and 20% toward 1) water absorption in the column segment of the modular structure; 2) the compressive strength in the column segment of the modular structure; 3) concrete environmentally friendly criteria. This research was experimental research by testing the water absorption segment of the modular structure column and the compressive strength test of the modular structure column with 28 days of treatment. The composition of the material used for each segment was 3,273 kg Portland Cement: 8,75 kg Sand:9,477 Coarse Aggregate and 0,55 of Water Cement Ratio. This study confirms that: 1) fly ash as a partial cement substitution effect on water absorption of the modular structural column segment with minimal water absorption at 15% fly ash, which is 5,523%; 2) the maximum compressive strength of the modular structural column segment is 168.80 kg/cm² at 15% fly ash; 3) fly ash as a partial substitution of cement produces environmentally friendly structural columns and can reduce cement use by 49.09 kg/m³ and reduce CO₂ gas by 15%.

Keywords: column segment modular structure, compressive strength, environmentally friendly, fly ash, water absorption

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

PENDAHULUAN

Semen portland adalah salah satu bahan utama konstruksi yang berfungsi sebagai bahan campuran beton. Namun pada proses pembuatan semen portland menghasilkan gas rumah kaca dalam bentuk CO₂. Maka harus dilakukan tindakan mitigasi dampak lingkungan yang terjadi dengan mengurangi penggunaan semen pada pembuatan beton. Pengurangan penggunaan semen pada pembuatan beton dapat dilakukan dengan mensubstitusikan bahan-bahan limbah yang memiliki kemampuan mengikat seperti semen. Pemanfaatan limbah ini diharapkan dapat menjadi alternatif beton ramah lingkungan dan dapat mengurangi gas rumah kaca.

Beton ramah lingkungan atau *green concrete* adalah beton yang menggunakan bahan yang tidak merusak lingkungan (Suhendro, 2014). Produksi beton ramah lingkungan menggunakan lebih sedikit energi dalam pembuatannya dan menghasilkan lebih sedikit CO₂ daripada beton konvensional.

Alternatif bahan yang bisa digunakan sebagai pengganti semen adalah *fly ash*. *Fly ash* adalah limbah hasil pembakaran batu bara yang digunakan sebagai pembangkit listrik. *Fly ash* digunakan dalam campuran semen karena dapat memperbaiki sifat-sifat beton. *Fly ash* mengandung senyawa silika (Si) dan bisa menjadi senyawa pozzolan yang dapat meningkatkan kuat tekan beton. Dengan adanya penggantian semen dengan *fly ash* ini diharapkan dapat mengurangi limbah industri dan dapat menambah kekuatan beton yang direncanakan.

Beton yang dibuat dalam penelitian ini berbentuk segmen kolom struktur modular dengan sistem prapabrikasi. Konstruksi beton prapabrikasi adalah suatu konstruksi bangunan yang komponennya dicetak terlebih dahulu di pabrik atau di lapangan lalu dibawa ke lokasi untuk dirangkai menjadi struktur utuh (Putri et al., 2019). Segmen kolom struktur modular beton ini terbuat dari semen, agregat halus,

agregat kasar dan air serta substitusi *fly ash*.

Penelitian terkait tentang pemanfaatan *fly ash* sebagai campuran beton yang sudah dilakukan diantaranya adalah tentang pengaruh penggunaan *fly ash* batubara terhadap kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan variasi *fly ash* 0%-15% dari berat semen mencapai kuat tekan maksimal 66,96 MPa pada umur 28 hari dengan variasi *fly ash* 15% (Yusra et al., 2018). Penelitian serupa dari Wenno et al. (2014) menunjukkan hasil kuat tekan tertinggi sebesar 6,18 MPa dengan variasi substitusi *fly ash* sebesar 15%. Penelitian penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen pada beton dengan variasi *fly ash* mulai dari 5%-12,5% dari Setiawati (2018) menunjukkan kekuatan tertinggi pada variasi *fly ash* 12,5% yaitu sebesar 231,04 kg/cm².

Hasil penelitian berbeda-beda karena metode dan kadar *fly ash* yang digunakan juga bervariasi. Berdasarkan penelitian yang disampaikan maka penelitian ini melakukan kajian lebih lanjut mengenai variasi campuran *fly ash* kedalam beton dengan tujuan untuk mendapatkan penyerapan air yang minimal dan kuat tekan yang maksimal pada segmen kolom struktur modular beton.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan perlengkapan yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk mendapatkan data penyerapan air yang minimal dan kuat tekan maksimal segmen kolom struktur modular beton. Metode eksperimen ini termasuk ke dalam penelitian kuantitatif dan digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Variabel independen dalam penelitian ini adalah variasi *fly ash*, sedangkan variabel dependen dalam penelitian ini adalah penyerapan air dan kuat tekan segmen kolom struktur modular beton.

Sampel penelitian adalah komponen prapabrikasi kolom yang ditujukan untuk bangunan rumah tinggal lebih dari satu lantai berupa segmen kolom struktur modular beton dengan variasi substitusi *fly ash* 10%, 15%, dan 20%. Ukuran segmen kolom struktur modular beton adalah 30x30 cm dengan tinggi 15 cm dan lubang tengah berukuran 18x18 cm dengan tinggi 15 cm.

Pengujian Penyerapan Air Segmen Kolom Struktur Modular Beton

Pengujian penyerapan air bertujuan untuk mengetahui nilai maksimal air yang dapat terserap oleh agregat di dalam air. Semakin tinggi mutu beton, maka semakin kecil penyerapan air karena beton yang baik tidak memiliki banyak rongga atau pori-pori. Mutu beton ini dipengaruhi oleh bahan penyusun dan juga komposisi campuran beton tersebut. Pengujian penyerapan air pada penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-2914-1992 tentang Beton Bertulang Kedap Air (SNI 03-2914-1992, 1992). Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai penyerapan air segmen kolom struktur modular beton sesuai dengan ASTM C642-97 (ASTM C642, 1997):

$$PA = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

PA = Penyerapan air (%)

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

B = Keadaan kering (kg)

Pengujian Kuat Tekan Segmen Kolom Struktur Modular Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani gaya tertentu yang dihasilkan mesin desak *Compression Testing Machine*. Uji kuat tekan segmen kolom struktur modular beton pada penelitian ini mengacu pada SNI 7833:2012 tentang Tata Cara Perancangan Beton Pra Cetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung (SNI 7833 2012, 2012). Rumus kuat tekan beton:

$$P = \frac{F}{A} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

P = Kuat tekan (N/cm²)

F = Gaya maksimum mesin tekan (N)

A = Luas Penampang (cm²)

Analisis Beton Ramah Lingkungan Pada Segmen Kolom Struktur Modular Beton

Beton ramah lingkungan adalah beton yang menggunakan bahan limbah sebagai salah satu komponennya atau tidak menyebabkan kerusakan lingkungan dalam proses produksi serta memiliki kinerja tinggi dalam siklus kelestarian hidup (Suhendro, 2014). Pengujian beton ramah lingkungan dilakukan dengan membandingkan semen yang digunakan pada kolom konvensional dan segmen kolom struktur modular beton. Kolom Struktur Modular Beton juga dianalisis berdasarkan kriteria *green concrete* menurut Suhendro (2014). Analisis ini untuk mengetahui apakah segmen kolom struktur dapat dikategorikan sebagai beton ramah lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyerapan Air Segmen Kolom Struktur Modular Beton

Hasil uji penyerapan air pada segmen kolom struktur modular beton ditampilkan pada tabel 1 dan gambar 1

Tabel 1. Hasil penyerapan air segmen kolom struktur

kode Benda Uji	Variasi <i>Fly Ash</i>	Penyerapan Air Segmen
B-01	10%	8,62%
B-02	15%	5,52%
B-03	20%	7,27%



Gambar 1. Hasil penyerapan air segmen kolom struktur

Kuat Tekan Segmen Kolom Struktur Modular Beton

Hasil uji kuat tekan disajikan dalam tabel 2 dan gambar 2.

Tabel 2. Hasil kuat tekan segmen kolom struktur

kode Benda Uji	Variasi <i>Fly Ash</i>	Kuat tekan (MPa)
B-01	10%	90,6
B-02	15%	168,8
B-03	20%	133,3



Gambar 2. Hasil kuat tekan segmen kolom struktur

Perbandingan Bahan Penyusun Kolom Konvensional Dengan Segmen Kolom Struktur Modular Beton

Hasil analisis perbandingan kolom konvensional dan segmen kolom struktur modular beton disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan bahan kolom konvensional dan segmen kolom struktur modular beton

Kode Perbandingan	Semen	Pasir	Keriki	<i>Fly Ash</i>	Air	Satuan
0 %	327,3	875	947,7	0	180	Kg
10 %	294,57	875	947,7	32,73	180	Kg
15 %	278,21	875	947,7	49,09	180	Kg
20%	261,84	875	947,7	65,46	180	Kg

PEMBAHASAN

Nilai penyerapan air berpengaruh pada keawetan beton dan kekuatan beton. Semakin besar nilai penyerapan air, maka kuat tekan beton juga semakin turun karena jika penyerapan air tinggi menandakan banyaknya rongga yang ada pada beton tersebut. Tabel 1 menunjukkan hasil penyerapan air segmen kolom struktur modular beton dengan acuan SNI 03-2914-1992. Hasil penyerapan air segmen kolom struktur modular beton dengan variasi fly ash 10% adalah 8,62%, variasi fly ash 15% adalah 5,52%, dan variasi fly ash 20% adalah 7,27%. Penyerapan air minimal didapatkan pada variasi substitusi fly ash 15% dengan hasil penyerapan air 5,52%. Hasil pengujian tersebut sudah memenuhi persyaratan pada SNI 03-2914-1992 dengan penyerapan air pada beton maksimal adalah 6,5%. Sedangkan pada gambar 1 menunjukkan grafik penyerapan air segmen kolom struktur modular beton. Grafik tersebut menunjukkan penyerapan air minimal segmen kolom struktur modular beton sebesar 5,52% pada variasi substitusi fly ash 15%.

Tabel 2 menunjukkan hasil kuat tekan segmen kolom struktur modular beton dengan kuat tekan beton acuan SNI

7833:2012. Kuat tekan beton yang diatur dalam SNI menunjukkan angka minimal kuat tekan adalah 170 kgf/cm². Hasil kuat tekan segmen kolom struktur modular beton dengan variasi fly ash 10% adalah 90,6 kgf/cm², variasi fly ash 15% adalah 168,8 kgf/cm², dan variasi fly ash 20% adalah 133 kgf/cm².

Gambar 2 menunjukkan grafik kuat tekan segmen kolom struktur modular beton. Grafik tersebut menunjukkan kuat tekan maksimal segmen kolom struktur modular beton sebesar 168,8 kgf/cm² pada variasi substitusi fly ash 15%. Hasil tersebut belum memenuhi standar komponen beton prapabrikasi bangunan struktur sesuai dengan SNI 7833:2012 dengan kuat tekan minimal 170 kgf/cm².

Tabel 3 menunjukkan perbandingan bahan kolom konvensional dengan segmen kolom struktur modular beton. Penelitian ini menggunakan variasi substitusi fly ash sebesar 10%, 15% dan 20%. Namun nilai optimum berada pada persentase 15% yaitu dengan pengurangan semen sebesar 49,09 kg setiap m³. Segmen kolom struktur modular beton pada penelitian ini memiliki ciri-ciri beton ramah lingkungan menurut Bambang Suhendro (2014). Kriteria konsep beton ramah lingkungan menurut Bambang Suhendro yaitu :

- a. Mengurangi emisi CO₂.
Pengurangan emisi CO₂ dilakukan dengan mensubstitusi fly ash sebagai pengganti semen. Nilai optimum didapat pada persentase 15% yaitu dengan pengurangan semen sebesar 49,09 kg setiap m³.
- b. Mengurangi penggunaan sumber daya alam seperti fosil, kapur, tanah liat dan pasir sungai. Pembuatan segmen kolom struktur modular beton menggunakan bahan limbah yang banyak tersedia yaitu fly ash. Dengan memanfaatkan fly ash, maka dapat mengurangi penggunaan sumber daya alam batu kapur sebagai salah satu bahan dasar semen.
- c. Mengurangi pencemaran lingkungan dan terciptanya pembangunan

berkelanjutan. Segmen kolom struktur modular beton didesain modular atau prapabrikasi yang dapat menggantikan bekisting pada kolom konvensional. Penggantian kolom konvensional dengan segmen tersebut dapat mengurangi sampah konstruksi pada saat proses pembangunan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh pemanfaatan limbah fly ash sebagai substitusi parsial semen terhadap penyerapan air dan kuat tekan segmen kolom struktur modular beton yang ramah lingkungan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan variasi fly ash sebagai bahan substitusi parsial semen berpengaruh terhadap penyerapan air segmen kolom struktur modular beton dan didapatkan penyerapan air minimal 5,523% pada variasi substitusi fly ash 15%.
2. Penggunaan variasi fly ash sebagai bahan substitusi parsial semen berpengaruh pada kuat tekan segmen kolom struktur modular beton dan didapatkan kuat tekan maksimal 168,8 Kgf/cm² pada variasi substitusi fly ash 15%.
3. Penggunaan variasi limbah fly ash termasuk ke dalam kategori beton ramah lingkungan dengan mereduksi gas CO₂ sebesar 15%.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan dari hasil pembahasan tentang substitusi parsial fly ash pada segmen kolom struktur modular beton terhadap penyerapan air dan kuat tekan, maka saran yang dapat dikemukakan adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai persentase penggunaan fly ash agar dapat dikategorikan sebagai beton prapabrikasi kolom struktur menurut SNI 7833-2012.

2. Perlu pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai segmen kolom struktur modular dengan bahan-bahan yang ramah lingkungan dan inovatif.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam bidang pendidikan tentang kajian variasi substitusi fly ash sebagai pengganti semen sebagai bahan ajar mata kuliah Teknologi Beton.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C642. (1997). Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete, ASTM International, United States. Annual Book of ASTM Standards, March, 1–3.
- Asroni, Ali. 2010. *Teori Dan Desain Kolom Fondasi Balok "T" Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2013*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. (2021). Hasil Sensus Penduduk 2020. Sensus Penduduk 2020, 06, 1–12. https://jakarta.bps.go.id/backend/materi_ind/materiBrsInd-20210122142034.pdf
- Putri, I. J., Dinariana, D., Sipil, J. T., Teknik, F., & I. U. P. I. Y. A. (2019). ANALISA INDEKS KINERJA ERECTION DINDING FASADE BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI Mulai Penentuan Lokasi Penelitian Identifikasi Masalah Tinjauan Pustaka/Studi Literatur Pengumpulan Data Analisa dan Pembahasan Analisa Waktu Pekerjaan Installment Analisa . 3(8), 1–7.
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, 17, 1–8. Nasional, Badan Standardisasi. 1989. "SNI 03-0349-1989 Bata Beton Untuk Dinding." *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 03-2914-1992. (1992). Standar Nasional Indonesia SPESIFIKASI BETON BERTUIANG KEDAP AIR. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia.
- Suhendro, B. (2014). Toward green concrete for better sustainable environment. *Procedia Engineering*, 95(Scescm), 305–320. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.190>
- Wenno, R., Wallah, S. E., & Pandaleke, R. (2014). Kuat Tekan Mortar Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Asal Pltu Amurang Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 2(5), 252–259.
- 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. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v1i1>