



## Studi Eksperimental Karakteristik Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Limbah *Fly Ash* dan *Coco Fiber*

<sup>1\*</sup> Muhammad Reyhan Alvanda, <sup>2</sup>Tiara, <sup>3</sup>Casy Almia Putri, <sup>4</sup>Hikmal Akbar, <sup>5</sup>Hafizhan Syauqi Ramadhan, <sup>6</sup>Etri Suhelmidawati, <sup>7</sup>Satwarnirat

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang

\*Corresponding author: reyhan.alfanda@gmail.com

### Abstract

The issue of environmental friendliness has become very popular recently. Various industrial sectors must pay attention to environmental factors as a global sustainability goal. In the construction industry sector, concrete is a much-needed material in making building structures. Concrete becomes environmentally friendly by utilizing waste as a substitute for some of the ingredients. This research uses fly ash and coconut fiber. This study aims to determine the effect of renewable innovation in the addition of fly ash and coco fiber waste on the value of compressive strength and flexural strength of concrete and to determine the composition of the most optimum percentage of waste addition, as well as the resulting crack pattern. This research uses the international standard ACI 211.4R-93, which is an experiment with the addition of 15% fly ash and variations in the addition of coconut fiber 0.5%, 1%, 1.5%, and 2%. The concrete quality planning in this study is 40 MPa with concrete treatment for 28 days and 56 days. This test uses cylindrical test objects (15cm x 30cm) with a total of 30 samples for compressive strength testing and beams (60cm x 15cm x 15cm) with a total of 30 samples for flexural strength testing. The results obtained in this study are the optimum compressive strength found in the variation of adding 1.5% fiber and 15% fly ash at 56 days of concrete age of 33.12 MPa. The highest concrete flexural strength value is found in the 2% fiber addition variation.

Keywords: Concrete, fly ash, coco fiber, compressive strength, flexural strength

### Abstrak

Isu ramah lingkungan sangat populer dewasa ini. Berbagai sektor industri harus memperhatikan faktor lingkungan sebagai tujuan keberlanjutan global. Pada sektor industri konstruksi, beton merupakan salah satu unsur utama dan penting dalam pembuatan struktur bangunan. Beton menjadi ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah sebagai pengganti sebagian material penyusunnya. Penelitian ini menggunakan limbah *fly ash* dan *coco fiber*. Penelitian ini bertujuan mengetahui dampak inovasi terbarukan penambahan limbah *fly ash* dan *coco fiber* terhadap nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dan mengetahui persentase komposisi penambahan limbah yang paling optimum, serta pola retak yang dihasilkan. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode ACI 211.4R-93 yaitu eksperimen dengan penambahan *fly ash* 15% sebagai variabel tetap serta variasi penambahan serat sabut kelapa 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Perencanaan mutu beton pada riset ini adalah 40 MPa yang diuji pada umur 28 dan 56 hari. Pengujian ini menggunakan benda uji silinder (15cm x 30cm) sebanyak 30 sampel untuk pengujian kuat tekan dan balok (60cm x 15cm x 15cm) sebanyak 30 sampel untuk pengujian kuat lentur. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada variasi penambahan serat 1,5% dan *fly ash* 15% umur beton 56 hari yaitu sebesar 33,120 MPa. Hasil uji lentur beton tertinggi yaitupada variasi serat 2% umur 56 hari yaitu sebesar 6,521 MPa.

Kata kunci: Beton, fly ash, coco fiber, kuat tekan, kuat lentur

### 1. Pendahuluan

Industri konstruksi di Indonesia berkembang pesat beberapa tahun terakhir [1]. Industri konstruksi di Indonesia berkembang pesat

sejak masifnya berbagai pembangunan infrastruktur yang digalakkan pemerintah. Beton banyak digunakan pada pembangunan berbagai proyek konstruksi tersebut dikarenakan tingginya kuat tekan yang

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 12-09-2024 | Selesai Revisi : 02-12-2024 | Diterbitkan Online : 04-12-2024

dihasilkan serta ekonomis [2]. Material beton tersusun oleh agregat kasar, agregat halus dan air serta semen [3]. Pengikat beton yaitu semen tersusun dari mineral kapur dan pasir silika yang dihaluskan [4]. Seiring dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur di Indonesia mengakibatkan meningkatnya permintaan jumlah semen. Proses produksi semen yang semakin meningkat mengakibatkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi semakin tinggi sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan yang signifikan. Sekitar 8% emisi karbon dunia berasal dari proses produksi semen [5]. Disamping hal tersebut, data Asosiasi Semen Indonesia (ASI) memaparkan total kapasitas terpasang industri semen di Indonesia di 2021 mencapai 116 juta ton [6]. Tingginya tingkat emisi karbon dari proses produksi semen serta pertumbuhan kapasitas produksi semen yang semakin meningkat di Indonesia akan berpotensi menyebabkan berbagai permasalahan, contohnya peningkatan suhu yang lebih panas, peningkatan kekeringan, dan berbagai permasalahan lainnya yang sangat berdampak negatif bagi lingkungan. Di sisi lain, Indonesia terus berkomitmen dan berupaya untuk mengurangi tingkat emisi karbon dan mencapai *net zero carbon* tahun 2060. Oleh karena itu, perlu adanya pembatasan penggunaan material konstruksi yang memicu tingginya tingkat emisi karbon yang berdampak negatif bagi lingkungan. Pembatasan penggunaan material tinggi emisi karbon dan mencemari lingkungan dapat diatasi dengan mengoptimalkan penggunaan material limbah untuk bahan dasar pembentukan beton salah

satunya adalah dengan memanfaatkan limbah abu terbang batubara (*fly ash*) dan serat sabut kelapa (*coco fiber*).

Pada penelitian terdahulu mensubstitusi semen dengan *fly ash* pada variasi 5% sampai 12,5%, didapatkan hasil kuat tekan maksimum pada variasi 12,5% dengan kuat tekan sebesar 231,04 Kg/cm<sup>2</sup>[21]. Adapun penelitian terdahulu dengan *coco fiber* variasi 0.125%, 0.250% dan 0.5% dapat menaikkan kuat tekan beton 29.55% dari beton kontrol pada variasi 0.5%[12].

#### 1.1 Abu Terbang Batubara (*Fly Ash*).

*Fly ash* adalah limbah batubara padat hasil pembakaran batubara pada PLTU yang dikumpulkan dengan metode elektrostatis atau pengendapan mekanik [7].



Gambar 1. Material *Fly Ash*  
Sumber: Dokumentasi Penulis

Produksi *fly ash* dunia pertahun adalah lebih dari 500 juta ton [8]. Adapun komponen kimia *fly ash* terdapat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Komposisi Kimiawi *Fly Ash*

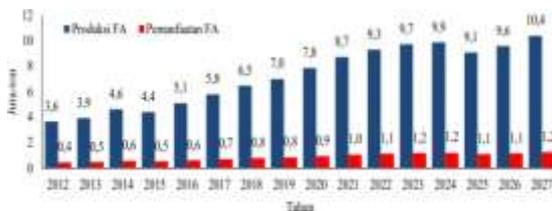
No	Komponen Kimia	Kadar Kimiawi (%)
1	SiO <sub>2</sub>	50,60
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,90
3	SO <sub>3</sub>	12,20
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,76

Sumber: Firman, dkk [9]

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 12-09-2024 | Selesai Revisi : 02-12-2024 | Diterbitkan Online : 04-12-2024

*Fly ash* berpotensi sebagai substitusi 30% semen yang digunakan pada beton dan dapat menambah durabilitas terhadap kimia [15]. Kemiripan komposisi kimiawi *fly ash* dengan semen ini memberikan sebuah solusi yang *reduce* emisi ketika diaplikasikan di lapangan. Potensi limbah FABA (*fly ash bottom ash*) mencapai 11 juta ton, yang dihasilkan melalui proses pembakaran batubara di PLTU [16]. Limbah yang dihasilkan ini jika tidak digunakan kembali akan menjadi salah satu faktor yang sangat berdampak negatif bagi lingkungan. Meskipun ketersediaan material *fly ash* di Indonesia sangat banyak, tetapi tingkat pemanfaatan material tersebut relatif masih sedikit dibandingkan hasil produksi yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Produksi dan Pemanfaatan *Fly Ash*  
Sumber: Ekaputri dan Barri [17]

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 tahun 2014 menyatakan *fly ash* termasuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), yang menyebabkan pemanfaatan limbah ini harus mendapatkan izin dari Kementerian LHK [18]. Jika keadaan ini terus dibiarkan, maka terjadi penumpukan *fly ash* hingga 10,4 juta ton per tahun pada tahun 2027 tidak terelakkan lagi [17]. Namun pada tahun 2021, pemerintah melalui Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 menghapus limbah *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) dari kategori limbah B3 [19]. Hal ini akan berdampak pada pemanfaatan limbah *fly*

*ash* menjadi lebih optimal dengan jangkauan yang lebih luas, yang sangat bermanfaat bagi lingkungan. Disisi lain, kandungan yang dimiliki *fly ash* yang mirip dengan semen juga memaksimalkan potensi pemanfaatan limbah ini pada sektor konstruksi, khususnya sebagai material pengganti semen dalam proses pembuatan beton.

## 1.2 Serat Sabut Kelapa (*Coco Fiber*)

Penggunaan beton pada struktur bangunan memiliki kelemahan, salah satunya adalah nilai kuat tarik yang rendah [10]. Nilai kuat tarik beton hanya berkisar 9%-15% dari kuat tekannya [11]. Disamping itu, kapasitas regangan beton umumnya rendah yang bisa menyebabkan penurunan kuat tekan beton secara cepat saat mencapai beban maksimum, sehingga terjadi keruntuhan secara tiba-tiba. Oleh karena itu diperlukan inovasi dalam campuran beton dengan bahan tambahan serat, salah satunya adalah serat sabut kelapa yang diharapkan dapat menunda keruntuhan secara tiba-tiba pada beton [10]. Sabut kelapa mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan pada beton, antara lain mempunyai panjang 15 - 30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis dan lebih ringan dari serat lain [12].

Produksi limbah serat sabut kelapa juga sangat berlimpah di Indonesia, khususnya Provinsi Sumatera Barat. Provinsi Sumatera Barat menjadi salah satu penghasil buah kelapa dengan hasil produksi mencapai lebih dari 78rb ton per tahun [13]. Nilai produksi ini secara tidak langsung akan meningkatkan konsumsi buah kelapa yang berpotensi menghasilkan limbah,

## Informasi Artikel

salah satunya limbah serat kelapa (*coco fiber*) seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Serat Sabut Kelapa  
Sumber: Dokumentasi Penulis

Oleh karena itu, diperlukan langkah untuk mengurangi dan mendaur ulang limbah *coco fiber* tersebut yaitu dengan mengolah kembali limbah tersebut untuk keperluan yang bisa digunakan untuk melakukan peningkatan mutu dan kekuatan beton di antaranya dengan menambahkan serat sabut kelapa (*coco fiber*) ke dalam campuran beton.

## 2. Metode Penelitian

Riset ini menerapkan metode eksperimental yang dilakukan di Labor material konstruksi jurusan teknik sipil Politeknik Negeri Padang yang meliputi pengumpulan data riset, uji propertis material, pembuatan sampel, uji kuat tekan, uji kuat lentur dan pengolahan data. Pembuatan campuran beton ini didasarkan pada standar internasional ACI 211.4R-93 [14]. Setelah direncanakan lalu material diaduk menggunakan molen. Pada saat pencampuran air menggunakan tambahan zat aditif *Sika Viscocrete* 1003 sebanyak 2,3%.

### 2.1. Alat dan Material

Alat yang digunakan adalah timbangan, kerucut abraham, tongkat pemadat, molen, cawan, sendok spesi, mistar, ember, kuas, gelas ukur, gunting, cetakan benda uji, dan pan. Material pada riset ini adalah kerikil, pasir, dan air yang berasal dari Labor material konstruksi Politeknik Negeri Padang, semen PCC produksi PT Semen Padang, NaOH dan *Sika Viscocrete* 1003 sebagai bahan aditif. Limbah yang digunakan yaitu limbah *fly ash* dari PLTU Teluk Sirih, Bungus, Kota Padang, dan limbah serat sabut kelapa (*coco fiber*) dari daerah Kabupaten Padang Pariaman, Provinsi Sumatera Barat. Peralatan yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 4.



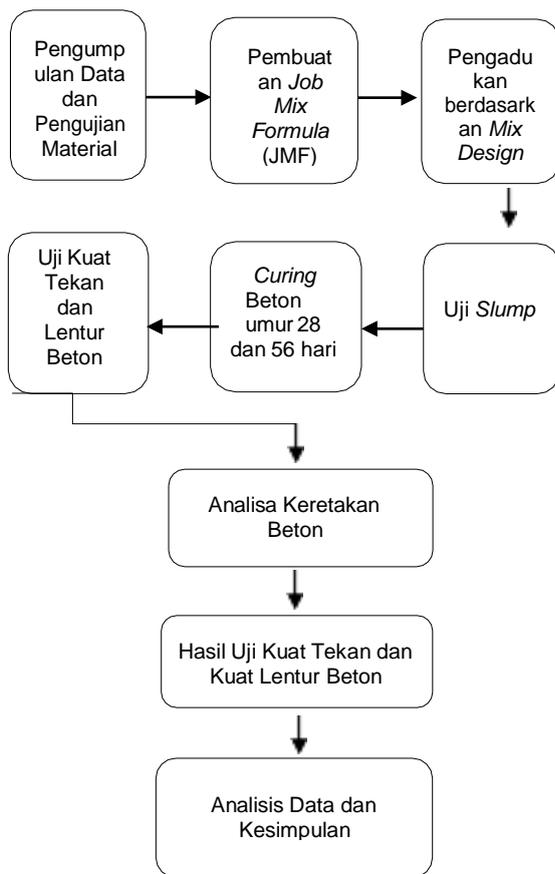
Gambar 4. Alat Uji Kuat Tekan dan Lentur Beton

### 2.2. Uraian dan Pelaksanaan Riset

Tahapan pelaksanaan riset ini disajikan dalam *flowchart* pada Gambar 5. Riset ini menggunakan variabel tetap yaitu penambahan abu terbang batubara (*fly ash*) sebanyak 15% dan lima variasi persentase campuran serat sabut kelapa (*coco fiber*) dengan variasi penambahan seperti yang ada pada Tabel 2.

## Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 12-09-2024 | Selesai Revisi : 02-12-2024 | Diterbitkan Online : 04-12-2024



Gambar 5. Diagram Alir Prosedur Riset

Tabel 2. Variasi dan Jumlah Benda Uji

Jenis Sampel	Kadar Coco Fiber (%)	Kadar Fly Ash (%)	Umur dan Jumlah Benda Uji			
			Kuat Tekan		Kuat Lentur	
			28 Hari	56 Hari	28 Hari	56 Hari
Variasi 1	0	0	3	3	3	3
Variasi 2	0,5	15	3	3	3	3
Variasi 3	1	15	3	3	3	3
Variasi 4	1,5	15	3	3	3	3
Variasi 5	2	15	3	3	3	3
Total Benda Uji			30		30	

### 2.2.1. Pelaksanaan *Properties Materials Test*

Pengujian propertis bahan sangat diperlukan agar material yang digunakan sesuai dengan standar pembuatan beton. Adapun data yang

diperlukan yaitu data propertis agregat kasar dan halus serta semen dan *admixture* yang digunakan untuk merancang *mix design*.

### 2.2.2. Pembuatan *Job Mix Formula* (JMF)

JMF dibuat sesuai dengan standar internasional *American Concrete Institute* (ACI) 211.4R-93 [14]. Setelah direncanakan lalu material diaduk menggunakan molen. Pada saat pencampuran air menggunakan *Sika Viscocrete* 1003. Jumlah *Sika Viscocrete* yang digunakan adalah 2,3%.

### 2.2.3. Pembuatan Benda Uji sesuai *Mix Design*

Benda uji yang digunakan adalah silinder 15 cm x 30 cm yang digunakan untuk uji kuat tekan serta balok 15cm x 15cm x 60cm untuk pengujian kuat lentur beton. Cetakan diolesi dengan pelumas terlebih dahulu serta dilanjutkan dengan pengadukan benda uji dengan molen sesuai JMF yang telah dirancang.

### 2.2.4. Pengujian *Slump*

Pengujian slump diperlukan untuk melihat workability dari beton yang telah diaduk. Nilai slump harus sesuai dengan slump rencana yang telah dirancang pada *mix design*. Slump diuji dengan kerucut abrams dan diukur penurunan betonnya sesuai SNI 1972-2008 [20].

### 2.2.5. Pematatan Benda Uji

Benda uji yang telah diaduk menggunakan molen dituang ke cetakan secara perlahan. Selanjutnya dilakukan pematatan dengan menusuk benda uji menggunakan tongkat pematat. Untuk benda uji silinder sebanyak 25 kali tusukan, diulangi 3 kali hingga penuh. Untuk benda uji balok sebanyak 2 lapis dengan

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 12-09-2024 | Selesai Revisi : 02-12-2024 | Diterbitkan Online : 04-12-2024

25 kali tusukan per lapis. Lalu benda uji digetarkan dengan mesin penggetar untuk memastikan tidak adanya rongga udara yang tersisa pada beton.

### 2.2.6. Curing Beton

Curing dilakukan sesuai umur yang telah direncanakan. Curing beton pada riset ini pada umur rencana 28 dan 56 hari perendaman.

### 2.2.7. Pengujian dan Analisa Keretakan

Pengujian yang dilakukan pada riset ini yaitu uji kuat tekan dan kuat lentur beton dan analisa keretakan benda uji.

Analisa keretakan pada beton dilakukan setelah pengujian tekan dan lentur pada beton. Retak pada beton sangat ditentukan oleh material penyusun serta besarnya tekanan yang diberikan pada beton. Tipe-tipe keretakan pada beton dapat diuraikan seperti keretakan benda uji silinder akibat uji tekan serta keretakan benda uji balok akibat uji lentur.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan beberapa pengujian, diantaranya uji propertis bahan, pengujian *slump*, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat lentur beton dengan umur 28 dan 56 hari perawatan. Adapun data yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

### 3.1. Pengujian Propertis Material

Uji tersebut digunakan untuk mendapatkan data propertis material yaitu berat isi padat, berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kering, penyerapan, kandungan air agregat, dan persentase komposisi agregat yang

digunakan pada mix design seperti pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Propertis Material

<u>Uraian Pemeriksaan</u>	<u>Satuan</u>	<u>Agregat Halus</u>	<u>Agregat Kasar 1-2</u>
Berat Isi Padat (DRUW)	Kg/l Lb/ft3	1,323 82,613	1,487 92,810
Berat Jenis SSD		2,774	2,611
Kering		2,463	2,569
Penyerapan	%	4,167	1,622
Kandungan Air	%	13,533	3,265

Hasil rancangan campuran beton yang terdapat pada Tabel 3. adalah pemeriksaan propertis material yang akan digunakan pada *mix design*. Material tersebut telah memenuhi syarat agregat yang digunakan pada beton sesuai dengan standar internasional ACI 211.4R-93.

### 3.2. Slump Test

Standar yang digunakan yaitu SNI 1972-2008 [20]. *Slump* rencana adalah 1-2 *inc*. Akan tetapi, karena menggunakan *Sika Viscocrete* 1003, beton menjadi encer namun cepat dalam pengerasannya, sehingga nilai *slump flow* mengalir.

### 3.3. Kuat Tekan Benda Uji

Uji kuat tekan menggunakan mesin *bending test* sampai kondisi benda uji retak dan hancur. Sampel yang diuji yaitu silinder ukuran 15cm x 30cm. Adapun hasil uji tekan riset ini terdapat pada Tabel 4.

Hasil kuat tekan sebagaimana pada Tabel 4, kuat tekan tertinggi yaitu pada variasi 4 dengan beton umur 56 hari yang menggunakan variasi serat sabut kelapa 1,5% dan penambahan *fly ash* sebanyak 15% dengan hasil 33,120 MPa.

## Informasi Artikel

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Jenis Sampel	Kadar Coco Fiber (%)	Kadar Fly Ash (%)	Umur Benda Uji (MPa)	
			28 Hari	56 Hari
Variasi 1	0	0	16,984	23,559
Variasi 2	0,5	15	21,323	22,059
Variasi 3	1	15	27,674	30,799
Variasi 4	1,5	15	25,217	33,120
Variasi 5	2	15	25,291	25,389

Gambar 6 grafik menyatakan bahwa kuat tekan meningkat seiring dengan penambahan persentase serat hingga variasi 4 yaitu penambahan serat 1,5% dan fly ash 15% dengan kuat tekan tertinggi umur 56 hari sebesar 33,120 MPa.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan

Setelah itu terjadi penurunan pada variasi 5 yaitu penambahan serat 2% dan fly ash 15%. Dapat disimpulkan bahwa kuat tekan yang paling optimum terdapat pada variasi 4 yaitu penambahan serat 1,5% dan fly ash 15%.

### 3.4. Kuat Lentur Benda Uji

Pengujian kuat lentur menggunakan mesin uji kuat lentur sampai benda uji retak. Benda uji yang digunakan yaitu balok dengan ukuran

60cm x 15cm x 15cm. Hasilnya terdapat pada

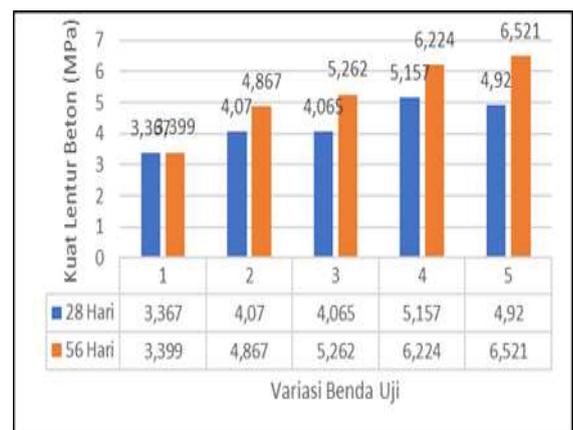
Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Jenis Sampel	Kadar Coco Fiber (%)	Kadar Fly Ash (%)	Umur Benda Uji (MPa)	
			28 Hari	56 Hari
Variasi 1	0	0	3,367	3,399
Variasi 2	0,5	15	4,070	4,867
Variasi 3	1	15	4,065	5,262
Variasi 4	1,5	15	5,157	6,224
Variasi 5	2	15	4,920	6,521

Dari hasil kuat lentur sebagaimana terdapat pada Tabel 4, nilai kuat lentur rata-rata tertinggi beton terdapat pada variasi 5 yaitu beton umur 56 hari yang menggunakan variasi serat sabut kelapa 2% dan penambahan fly ash sebanyak 15% dengan kuat lentur rata-rata 6,521 MPa.

Grafik pada Gambar 7 menyatakan bahwa kuat lentur pada variasi 1 yaitu beton tanpa penambahan fly ash dan serat sabut kelapa (beton kontrol) memiliki kuat lentur yang paling rendah



Gambar 7. Grafik Uji Kuat Lentur

Kuat lentur beton bertambah seiring dengan bertambahnya persentase serat yang digunakan dan masa perawatan (*curing*). Dapat

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 12-09-2024 | Selesai Revisi : 02-12-2024 | Diterbitkan Online : 04-12-2024

dilihat bahwa beton dengan kuat lentur tertinggi terdapat pada variasi 5 dengan persentase penambahan serat sebesar 2% dan *fly ash* 15% dengan nilai kuat lentur 6,521 MPa dibandingkan dengan persentase serat lain, ini terjadi karena pada penambahan serat sebesar 2% memiliki proporsi yang lebih optimal dibandingkan dengan persentase seratnya.

### 3.5. Analisa Keretakan Sampel

Pada Gambar 8 terlihat keretakan yang dihasilkan dari pengujian.



Gambar 8. Pola Retak Benda Uji Silinder

Dari hasil pengujian, rata-rata pola keretakan semua sampel silinder merupakan pola retakan tipe kedua. Tipe keretakan kedua adalah retakan dari permukaan atas namun tidak sampeai pada bawah sampel sesuai dengan standar ASTM C33/C33M tahun 2014.

Sementara retakan pada sampel balok dapat dilihat Gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Pola Retak Benda Uji Balok

Retakan pada sampel balok pada sewaktu diuji variasi 1, 2, 3, 4, dan 5 yang diamati adalah tipe kesatu dengan retak pada sepertiga bentang tengah. Keretakan tipe 1 nilai uji lenturnya dapat digunakan sesuai dengan standar ASTM C78 tahun 2002.

### 3.6. Diskusi

Pada penelitian sebelumnya, penambahan *fly ash* sebesar 12.5% dan serat sabut kelapa 0.5% mendapatkan hasil kuat tekan mencapai 231,04 Kg/cm<sup>2</sup> atau sekitar 22.66 MPa serta dapat meningkatkan kuat tekan 25.99% dari beton kontrol [21], [12]. Pada riset PKM ini didapatkan hasil uji tekan dan uji lentur paling optimum terdapat pada variasi penambahan *fly ash* 15% dan serat sabut kelapa 2% dengan kuat tekan mencapai 33.120 MPa dan kuat lentur 6.521 MPa. Hasil tersebut membuktikan persentase *fly ash* yang dapat ditambahkan pada campuran beton adalah 15% dengan nilai kuat tekan meningkat dari 22.66 MPa menjadi 33.120 MPa serta kuat lentur yaitu 6.521 MPa.

### Informasi Artikel

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan riset yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton optimum didapatkan dari variasi 4 yaitu penambahan serat 1,5% dan *fly ash* 15% dengan kuat tekan tertinggi pada umur 56 hari sebesar 33,120 MPa. Hasil kuat tekan tersebut mengalami kenaikan seiring masa perawatan beton yang melebihi kuat tekan beton variasi 1 yaitu beton tanpa penambahan material limbah dengan kuat tekan umur 28 hari hanya 16,984 MPa. Sehingga berdasarkan hasil kuat tekan ini, nilai kuat tekan yang paling optimum terdapat pada variasi 4 dengan penambahan 1,5% serat dan *fly ash* 15% dengan kuat tekan rata-rata 33,120 MPa.

Pada pengujian kuat lentur beton, hasil kuat lentur rata-rata tertinggi terdapat pada variasi 5 yaitu penambahan serat sabut kelapa sebesar 2% dan *fly ash* sebesar 15% dengan nilai kuat lentur rata-rata pada umur 56 hari 6,521 MPa. Dapat dilihat pada hasil rata-rata kuat lentur, seiring dengan bertambahnya persentase serat yang ditambahkan mengakibatkan nilai kuat lentur yang semakin tinggi. Hal ini dikarenakan serat berfungsi sebagai perkuatan tambahan sehingga beton kuat menahan gaya lentur yang diakibatkan oleh beban yang diberikan.

Saran yang bisa diambil dari pembuatan beton mutu tinggi ini adalah diperlukan pemilihan material yang baik dan berkualitas agar kualitas beton yang dihasilkan dapat memberikan nilai kuat tekan dan kuat lentur yang optimal. Perencanaan *mix design*, persiapan material, dan proses pengadukan serta proses *curing* beton sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan. Diperlukan juga zat aditif tambahan dalam pembuatan beton seperti *Sika*

*Viscocrete* 1003 untuk meningkatkan nilai kuat tekan beton.

#### Ucapan Terimakasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia (Kemdikbudristek RI) dan Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi (Dit. APTV) yang telah memberikan dana hibah penelitian dan mengadakan Program Kreativitas Mahasiswa (Vokasi) tahun 2024. Terima kasih kepada Politeknik Negeri Padang yang telah menyediakan media riset hingga riset ini selesai. Berikutnya, terima kasih kepada Ibu Dr.Eng. Etri Suhelmidawati, S.T., M.Eng. yang telah memberikan arahan dan dukungan penuh bagi penulis untuk dapat berproses bersama pada riset PKM Vokasi 2024.

#### Daftar Rujukan

- [1] E. P. Lahu, "Dampak Investasi Infrastruktur Di Sulawesi Selatan Terhadap Struktur Ekonomi Wilayah Di Indonesia," 2021, doi: 10.14710/jdep.4.1.51-63.
- [2] M. A. Sultan, N. None, I. Imran, and R. Sakti, "Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bottom Ash Pada Pembuatan Bata Semen," 2019, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2019.013.01.9.
- [3] Fakhru Rozi, M., Tarigan, J., dan Perwira, A., 2020. Analisis Sifat Mekanik Beton Geopolymer Berbahan Dasar Fly Ash Pitu Pangkalan Susu, *Jurnal Syntax Admiration*, 1(6), 567-579.
- [4] B. Muhtar, N. None, I. Wahab Ali, and T. Al Faridzi Amir Sultan, "Studi Kapasitas Lentur Balok Beton Ringan Dengan Penambahan Serat Kawat," 2022, doi: 10.33387/clapeyron.v3i2.5404.
- [5] L. Rodgers, 2018. *Perubahan iklim: Inilah penghasil emisi CO2 terbesar yang mungkin tak Anda sadari*. Tersedia di : <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-46591036>. [Accessed 14 September 2024].
- [6] E. Yanwardhana, 2021. *Begini Fakta-Fakta Over Produksi Pabrik Semen di RI*. Tersedia di : <https://www.cnbcindonesia.com/news/20210903192331-4-273577/begini-fakta-fakta-over-produksi-pabrik-semen-di-ri>. [Accessed 15 September 2024].

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 12-09-2024 | Selesai Revisi : 02-12-2024 | Diterbitkan Online : 04-12-2024

- 2024].
- [7] Bayuaji, R. dkk., 2015. Material Inovatif Ramah Lingkungan: Pemanfaatan Komposit Abu Serabut Kelapa dan Fly Ash pada Pasta Semen, *Jurnal Aplikasi*, 13(1), 15-20.
- [8] Abidin, A. and Budi Leksono, E., 2021. Pemanfaatan Limbah Fly Ash Batubara Sebagai Koagulan Dengan Konsep Reverse Logistic, *Jurnal INTECH Teknik Industri*, 7(1), 39-44.
- [9] Firman, F., Rizhan, M., dan Aziz Sahidi, A., 2020. Analisis Kandungan Logam Berat Abu Batubara Pltu Bangko Barat Kab. Muara Enim Sumatera Selatan, *Journal of Science and Engineering*, 3(01), 10-16.
- [10] Ekel, A., Rumbayan, R., and Freki Hosang, M, 2022. Pengaruh Bahan Tambah Serabut Kelapa dan Bahan Substitusi Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Serat, *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, 1(1).
- [11] Huseiny, M. S. A. and Nursani, R., 2020. Pengaruh Bahan Tambah Serat Fiber Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 1(2):63-69.
- [12] Sahrudin and Nadia, 2016. Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton, *Jurnal Konstruksia*. 7(2):13-20.
- [13] N. Harlina, 2017. *Produksi Kelapa Sumbar 78.902 Ton Per Tahun, Terbanyak Padangpariaman*. Tersedia di <https://sumbar.antaranews.com/berita/215005/produksi-kelapa-sumbar-78902-ton-per-tahun-terbanyak-padangpariaman>. [Accessed 15 September 2024].
- [14] ACI Committee 211.4R. 1993. Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Other Cementitious Materials. American Concrete Institute.
- [15] Setiawati, M. dan Imaduddin, M, 2018. Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. 5(4): 295-302.
- [16] Umah, A, 2021. *Bukan Limbah, Potensi FABA di Indonesia Capai 11 Juta Ton*. Tersedia di: <https://www.cnbcindonesia.com/market/20210421154337-17-239670/bukan-limbah-potensi-faba-di-indonesia-capai-11-juta-ton>. [Accessed 20 September 2024].
- [17] Jaya Ekaputri, J. and Shahib Al Bari, M, 2020. Perbandingan Regulasi Fly Ash sebagai Limbah B3 di Indonesia dan Beberapa Negara. *Media Komunikasi Teknik Sipil*. 26(2), 150-162.
- [18] Republik Indonesia. 2014. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun. Jakarta.
- [19] Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- [20] Standar Nasional Indonesia. 2008. SNI 1972-2008: Cara uji slump beton.
- [21] Setiawati, M. 2018. Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*.

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 12-09-2024 | Selesai Revisi : 02-12-2024 | Diterbitkan Online : 04-12-2024