

PENGARUH LIMBAH PEMBAKARAN SAMPAH ANORGANIK SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Filimon Sinmiasa<sup>1)</sup>, Pieter Lourens Frans<sup>2)</sup>, Delvia Rimesye Apalem<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon

<sup>1)</sup>emndsnmiasa@gmail.com, <sup>2)</sup>pflourens@gmail.com, <sup>3)</sup>delviarimesye@gmail.com

ABSTRACT

Along with the development of advanced concrete technology, it also affects the economic value of materials. The need for sand will result in the price of sand increasing, especially for urban areas, due to higher transportation access costs. Along with this, the percentage of landfill in the city of Ambon is increasing rapidly, one of the efforts to deal with waste is by combustion. Combustion waste has not been utilized so that it can cause environmental pollution. The research method used is an experimental method carried out in the laboratory of the Politeknik Negeri Ambon namely by conducting material inspection and concrete compressive strength tests, which use combustion non-organic waste as a fine aggregate substitution material with a percentage reduction of 0%, 5%, 10%, and 15%. The results of the concrete compressive strength test were the compressive strength value of normal concrete of 18.65 MPa, the compressive strength value of concrete additive 5% of inorganic waste incineration waste was 16.83 MPa, then the concrete additive 10% of inorganic waste incineration waste was 15.44 MPa, while the concrete additive 15% of inorganic waste incineration waste was 13.83 MPa.

ABSTRAK

Seiring dengan berkembangnya teknologi beton yang semakin maju maka berpengaruh juga terhadap nilai ekonomis material. kebutuhan pasir akan mengakibatkan harga pasir semakin meningkat terutama untuk daerah perkotaan, dikarenakan biaya akses transportasi yang lebih tinggi. Bersamaan dengan hal tersebut juga angka presentase timbunan sampah di kota Ambon semakin meningkat pesat, salah satu upaya penanggulangan sampah adalah dengan cara dibakar. Limbah pembakaran sampah belum dimanfaatkan sehingga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Metode penelitian yang dipakai adalah metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium Politeknik Negeri Ambon, yaitu dengan melakukan pemeriksaan material dan uji kuat tekan beton, yang menggunakan limbah pembakaran sampah non-organik sebagai material substitusi agregat halus dengan presentase pengurangan penambahan sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil uji kuat tekan beton yaitu nilai kuat tekan beton normal sebesar 18.65 MPa, nilai kuat tekan beton additive 5% limbah pembakaran sampah anorganik sebesar 16.83 MPa, kemudian beton additive 10% limbah pembakaran sampah anorganik sebesar 15.44 MPa, sedangkan beton additive 15% limbah pembakaran sampah anorganik sebesar 13.83 MPa.

**Kata kunci:** Kuat Tekan Beton; Beton Additive; Sampah Anorganik

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi beton yang semakin maju maka berpengaruh juga terhadap nilai ekonomis material. Kebutuhan pasir akan mengakibatkan harga pasir semakin meningkat terutama untuk daerah perkotaan, dikarenakan biaya akses transportasi yang lebih tinggi. Bersamaan dengan hal tersebut juga angka presentase timbunan sampah di kota Ambon semakin meningkat pesat, salah satu upaya penanggulangan sampah adalah dengan cara dibakar. Limbah pembakaran sampah belum dimanfaatkan sehingga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Beton adalah bahan campuran hasil rekayasa teknologi yang terdiri dari Portland Cement, Agregate, aditive tambahan lain, dan air. Dengan adanya perkembangan pembangunan infrastruktur yang semakin pesat saat ini,

inovasi mengenai beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan.

Beton *additive* adalah bahan yang ditambahkan kedalam adonan untuk memperpanjang umur beton, memperkeras, dan memperbaiki rupa beton. Additive dapat berupa serbuk atau cair. Biasanya, additive beton ditambahkan untuk memberikan rekayasa beton seperti memperkuat, menambah daya tahan beban, menambah daya rekat, dan mencegah kerusakan. Pada penelitian ini, jenis beton yang diteliti ialah beton normal dan beton *additive*. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah Berapakah nilai kuat tekan beton yang menggunakan limbah pembakaran sampah non organik sebagai

material substitusi, dan Bagaimana pengaruh kuat tekan beton yang menggunakan limbah pembakaran sampah non organik sebagai material substitusi terhadap beton normal.

Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang menggunakan limbah pembakaran sampah anorganik sebagai material substitusi, dan menganalisis pengaruh nilai kuat tekan beton yang menggunakan limbah pembakaran sampah anorganik sebagai material substitusi terhadap beton normal.

Dengan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini akan mengkaji lebih dalam mengenai pengaruh kuat tekan beton yang menggunakan limbah pembakaran sampah anorganik sebagai material substitusi pasir terhadap beton normal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pemikiran di ilmu bidang struktur.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dari penelitian sebelumnya terdapat beberapa saran terkait dengan pengujian kuat tekan beton yang menggunakan limbah pembakaran sampah anorganik. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mencari substitusi tambahan material lainnya terutama dari bahan-bahan limbah sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan, Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan zat admixture dan additive dengan kadar yang tepat. Perlu adanya analisis lebih lanjut mengenai karakteristik limbah sisa pembakaran sampah. Perlu diperhatikan sekali tingkat kepadatan benda uji pada saat pembuatannya karena akan mempengaruhi hasil kekuatan paving block tersebut. Perlu dilakukan inovasi riset mengenai paving blok campuran limbah pembakaran sampah anorganik dengan bahan campuran lainnya untuk meningkatkan kualitas. Perlu diperhatikan dengan teliti komposisi material bahan tambah yang digunakan agar tidak mengurangi nilai kuat tekan beton. Penambahan limbah botol sebagai bahan substitusi pasir sebaiknya dihilangkan karena dapat mengurangi nilai kuat tekan dan kuat lentur beton mutu rendah.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan penelitian sebelumnya yaitu Marnes Pattirousamal (2023) *Desain Beton Dengan Menggunakan Sisa Bakar Bata Merah Sebagai Bahan Pengisi Beton*. Prodi D4 Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon, sebagai referensi perhitungan pengujian material, perencanaan mix design beton, dan perhitungan kebutuhan material penyusun beton.

## 3. METODOLOGI

### 3.1. Teknik pengumpulan data

Dalam penelitian ini, untuk menganalisa sebuah studi kasus dibutuhkan teknik pengumpulan data untuk menunjang keberhasilan skripsi yang berupa studi *Eksperimen* yang merupakan percobaan yang bersistem dan berencana untuk membuktikan kebenaran suatu teori dan sebagainya.

### 3.2 Jenis Data

#### 1. Data Primer

Data yang diperoleh untuk digunakan dalam proses penelitian yang berupa :

1. Agregat halus (pasir gunung) yang berasal dari Passo Batu Gong.
2. Agregat kasar (batu pecah) yang berasal dari Laha.
3. Semen tipe I semen portland untuk pekerjaan konstruksi umum
4. Limbah sisa pembakaran sampah non organik

#### 2. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (*literatur*) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di politeknik negeri ambon Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia. Data teknis mengenai SNI, serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat penelitian yang akan dilakukan.

### 3.3. Variabel Penelitian

#### 3.3.1. Variabel Bebas

Beton *additive* dengan menggunakan limbah pembakaran sampah anorganik sebagai material substitusi terhadap kuat tekan beton dengan komposisi pengurangan penambahan dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perencanaan Beton *Additive*

Sampel	Persentase penambahan pengurangan	Jumlah	kode
1	5%	3 buah	Ba <sub>5%</sub>
2	10%	3 buah	Ba <sub>10%</sub>
3	15%	3 buah	Ba <sub>15%</sub>

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2024

#### 3.3.2. Variabel Terikat

Beton normal (BN) dengan kuat tekan 15-30 MPa berdasarkan SNI sebanyak tiga sampel menggunakan cetakan silinder dengan diameter 15 x 30 cm.

### 3.4. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang menggunakan limbah pembakaran sampah anorganik sebagai material substitusi yang kemudian akan menjadi bahan perbandingan dengan kuat tekan beton normal adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapat nilai kuat tekan beton maka harus dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:
  - a) Pengujian material penyusun beton
  - b) Perencanaan mix design beton
  - c) Perhitungan kebutuhan material penyusun beton
  - d) Pembuatan benda uji
  - e) Pengujian slump test
  - f) Pemeliharaan benda uji
  - g) Uji kuat tekan beton
2. Untuk mendapatkan perbandingan antara kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan limbah pembakaran sampah anorganik sebagai

material penyusun beton maka perlu mengetahui terlebih dahulu nilai kuat tekan beton dari kedua variabel tersebut kemudian dilakukan perbandingan dengan menggunakan grafik perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan beton substitusi.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Hasil Nilai Kuat Tekan Beton.**

Kuat tekan beton adalah pengukuran untuk menentukan beban maksimum yang bisa ditahan oleh suatu objek uji sebelum terjadi kerusakan atau kehancuran pada objek tersebut karena tekanan tertentu. Untuk memperoleh nilai kuat tekan beton perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengujian Material
2. Perencanaan Mix Design Beton
3. Perhitungan Kebutuhan Material Campuran Beton
4. Pembuatan Benda Uji
5. Pengujian Slump Test
6. Pemeliharaan Benda Uji
7. Uji Kuat Tekan

1. Hasil pengujian material dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2. Hasil Analisa Data Pengujian Agregat Halus**

No	Keterangan	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Referensi
1	Modulus kehalusan Pasir	2,76	1,5 – 3,8	SNI ASTM C 136:2012
2	Kategori Jenis Pasir	Zona 2	Zona 1,2,3,4	SNI 03-2834-2000
3	Berat jenis pasir (SSD)	2,29 Gr/cm <sup>3</sup>	1,6 – 3,3	SNI 03-1970-2008
4	Penyerapan Air	3,03 %	< 3 %	SNI 1970-2008
5	Kadar Air	11,18 %	3% - 5 %	SNI 03-1971-2011
6	Kadar Lumpur	1,99 %	< 5 %	SNI 03-4142-1996
7	Bobot isi Padat	1,54 kg/m <sup>3</sup>	0,4 - 1,9	SNI 03-1973-2008
8	Bobot isi Lepas	1,60 kg/m <sup>3</sup>	0,4 – 1,9	SNI 03-1973-2008

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2024

Berdasarkan Tabel 2, dapat diambil kesimpulan bahwa material agregat halus yang diuji memenuhi spesifikasi, dan dapat digunakan sebagai material penyusun beton normal tanpa harus dikoreksi pada saat mix design.

**Tabel 3. Hasil Analisa Data Pengujian Agregat Kasar**

No	Keterangan	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Referensi
1	Modulus kehalusan Batu Pecah	8,05	5,0 – 8,8	SII No.52-1980
2	Kategori Jenis Agregat	40 mm	Maksimum	SNI 03-2834-2000
3	Berat jenis (SSD)	2,80 Gr/cm <sup>3</sup>	2,2 – 2,7	SNI 03-1970-1990
4	Penyerapan Air	0,83 %	< 4 %	ASTM C 127
5	Kadar Air	2,04 %	3% - 5 %	SNI 03-1971-2011
6	Kadar Lumpur	0,06 %	< 1 %	SK-SNI S-04-1989-F
7	Bobot isi Padat	1,42 kg/m <sup>3</sup>	>1,2	SII No.52-1980
8	Bobot isi Lepas	1,45 kg/m <sup>3</sup>	>1,2	SII No.52-1980

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2024

Berdasarkan Tabel 3, dapat diambil kesimpulan bahwa material agregat kasar yang diuji memenuhi spesifikasi, dan dapat digunakan sebagai material penyusun beton normal tanpa harus dikoreksi pada saat mix design.

2. Hasil perencanaan mix design dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Perencanaan Mix Desain Beton (SNI 03-2834-2000)**

No	Uraian	Tabel/Perhitungan/Gambar	Nilai/Keterangan
1	Kuat tekan yang Disyaratkan ( Mpa )	Ditentukan	16,6 Mpa
	Deviiasi standar ( Mpa )		
2	Deviiasi standar ( Mpa )	Tabel 4.15	7
3	Nilai tambah ( Mpa )	Sub bab 4.2 perhitungan No 3	114,8
4	Kekuatan rata-rata yang Ditargetkan ( Mpa )	Sub bab 4.2 perhitungan No 4	28,1
	Jenis semen		
6	Jenis agregat	Ditentukan	Pasir gunung
	Agregat halus		
	Agregat kasar		Batu pecah
7	Faktor air semen bebas	Tabel 4.16 dan Gambar 4.3	0
8	Faktor air semen bebas	Tabel 4.17	0,6
	Maksimum		
9	Slump rencana (mm)	Ditentukan	60 – 120mm
10	Ukuran agregat maksimum (mm)	Tabel 4.9	40 mm

No	Uraian	Tabel/Perhitungan/Gambar	Nilai/Keterangan
11	Kadar air bebas (kg/m <sup>3</sup> )	Tabel 4.18 dan Sub bab 4.2	185
12	Jumlah semen (kg/m <sup>3</sup> )	Sub bab 4.2 perhitungan No 12	385,4
13	Jumlah semen minimum (kg/m <sup>3</sup> )	Tabel 4.17	325
14	Jumlah semen yang digunakan (kg/m <sup>3</sup> )	Sub bab 4.2 perhitungan No 14	385,4
15	Presentase agregat halus dan agregat kasar (%)	Sub bab 4.2 perhitungan No 15 dan Gambar 4.4	Agregat halus 37,75 % Agregat kasar 62,25 %
16	Berat jenis esimpul SSD	Sub bab 4.2 perhitungan No 16	2,61
17	Berat isi beton (kg/m <sup>3</sup> )	Gambar 4.5	0
18	Berat agregat gabungan (kg/m <sup>3</sup> )	Sub bab 4.2 perhitungan No 18	1810,6
19	Berat agregat halus (kg/m <sup>3</sup> )	Sub bab 4.2 perhitungan No 19	739,2
20	Berat agregat kasar (kg/m <sup>3</sup> )	Sub bab 4.2 perhitungan No 20	1140,7

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2024

Berdasarkan Tabel 4, dapat diambil esimpulan bahwa material yang digunakan untuk esimpul beton memenuhi Standar Nasional Indonesia tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal yang ditentukan dan siap digunakan sebagai material penyusunan beton normal.

### 3. Perhitungan Kebutuhan Material Campuran Beton

Pada penelitian ini sampel yang akan dibuat adalah beton normal dengan banyaknya sampel yaitu tiga, beton dengan pengurangan penambahan 5% sisa bakaran sampah sebanyak tiga sampel, beton dengan penambahan dan pengurangan 10% sisa bakaran sampah sebanyak tiga sampel dan beton dengan pengurangan penambahan 15% sebanyak tiga sampel. Jadi, total sampel beton yang akan dibuat sebanyak 12 benda uji berbentuk silinder. Jumlah volume kebutuhan material pembentuk beton Volume 1 benda uji silinder =  $3,14 \times 0,075^2 \times 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$

Jumlah kebutuhan material campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5

**Tabel 5 Hasil Perhitungan Kebutuhan Material Campuran Beton**

No	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar	Air	Limbah Sampah Anorganik
	Kg	Kg	Kg	Liter	Kg

Variasi Beton Normal					
1	7.71	13.40	22.81	3.7	0
2	Variasi +- 5% Limbah Pembakaran Sampah Anorganik				
	7.71	12.73	22.81	3.7	0.67
3	Variasi +- 10% Limbah Pembakaran Sampah Anorganik				
	7.71	12.06	22.81	3.7	1.34
4	Variasi +- 15% Limbah Pembakaran Sampah Anorganik				
	7.71	11.39	22.81	3.7	2.01
Total	30.83	49.58	91.26	14.8	4.02

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2024

Berdasarkan Tabel 5, didapat total material yang diperlukan yaitu, semen sebanyak 30.83kg, agregat halus sebanyak 49.58 kg, agregat kasar sebanyak 91.26 kg, limbah sampah anorganik sebanyak 4.02 kg, dan air sebanyak 14.8 liter.

### 4. Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan sampel berbentuk silinder berukuran 15 x 30 cm dan total sampel yang dibuat sejumlah 12 sampel. Pembuatan benda uji dengan tahapan pengadukan beton kemudian lakukan pencetakan.

### 5. Pengujian Slump Test

Uji slump dilakukan dengan memakai kerucut Abrams yang diisi 3 lapis beton segar, masing-masing lapisan sekitar 1/3 isi kerucut, dan 25 tusukan masing-masing lapisan, Batang mesti masuk ke dasar beton. Sesudah pengisian kelar, setiap lapisan rata dengan bidang kerucut, dan cetakan lalu dinaikkan 300 mm dalam kurun  $5 \pm 2$  detik jangan ada esimpul lateral atau esimpul. Selesaikan semua pekerjaan pemeriksaan sejak dari pengisian hingga pembongkaran tanpa henti dalam waktu 2,5 menit, ukur tinggi campuran, dan selisih tinggi kerucut dengan tinggi campuran adalah nilai slump. Nilia hasil slump test dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Hasil Pengujian Slump Test**

No	Variasi	Nilai slump (cm)
1	Beton Normal	10.2
2	Beton substitusi 5% limbah pembakaran sampah	9.4
3	Beton substitusi 10% limbah pembakaran sampah	8.2
4	Beton substitusi 15% limbah pembakaran sampah	7.8

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2024

Berdasarkan Tabel 6, didapat nilai slump yang dihasilkan untuk normal yaitu 10.2 cm, untuk penambahan 5% limbah pembakaran sampah 9.4 cm, penambahan 10% limbah pembakaran sampah nilai slump sebesar 8.2 cm, dan untuk penambahan 15% limbah pembakaran sampah nilai slump test sebesar 7.8 cm. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin banyak limbah pembakaran sampah anorganik yang

ditambahkan dalam campuran dapat menyebabkan tingkat kekentalan campuran beton semakin menurun.

6. Pemeliharaan Benda Uji

Sesudah benda uji mengeras atau beton tersebut berumur 1 x 24 jam, beton dilepas dari cetakan. Pada saat melepas cetakan usahakan tidak ada benturan atau getaran yang dapat mengganggu proses pengerasan dan pengikatan beton. Setelah beton dibuka dari cetakan kemudian beton-beton tersebut harus mendapat perawatan sederhana. Perawatan beton dengan cara pembasahan yaitu merendam beton selama 14 hari di dalam kolam berisikan air bersih.

7. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Tgl Cor	Tgl Uji	Berat (Kg)	Beban Max (Kn)	Tegangan Hancur (Mpa)
Variasi beton normal					
1	20/06/2024	03/08/2024	12.03	290	16.42
2	20/06/2024	03/08/2024	11.88	280	15.86
3	20/06/2024	03/08/2024	11.94	295	16.70
Variasi +- 5% limbah pembakaran sampah anorganik					
4	20/06/2024	03/08/2024	11,9	250	14.16
5	20/06/2024	03/08/2024	12.20	265	15.01
6	20/06/2024	03/08/2024	12.16	270	15.28
Variasi +- 10% limbah pembakaran sampah anorganik					
7	20/06/2024	03/08/2024	12.44	250	14.16
8	20/06/2024	03/08/2024	12.38	230	13.02
9	20/06/2024	03/08/2024	12.25	240	13.59
Variasi +- 15% limbah pembakaran sampah anorganik					
10	21/06/2024	04/08/2024	12.09	220	12.45
11	21/06/2024	04/08/2024	12.22	210	11.89
12	21/06/2024	04/08/2024	11.79	215	12.17

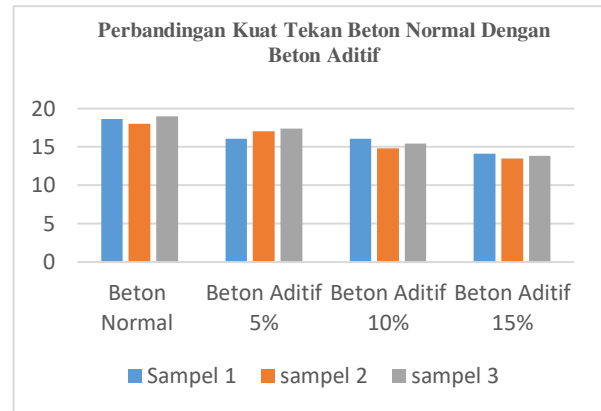
Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2024

Berdasarkan Tabel 7, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak penambahan limbah pembakaran sampah anorganik maka dapat menurunkan nilai kuat tekan beton.

4.2. Analisis Pengaruh Nilai Kuat Tekan Beton Additive Terhadap Beton Normal.

Analisa hasil penelitian pengaruh kuat tekan beton additive 5%, 10%, dan 15% tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton normal, juga mengakibatkan penurunan terhadap kuat tekan beton seiring penambahan limbah pembakaran sampah anorganik yang disebabkan oleh kurang mengikatnya agregat. Nilai kuat tekan beton normal sebesar 18.65 Mpa dan memenuhi standar kuat tekan. Nilai kuat tekan beton additive 5% limbah pembakaran sampah anorganik sebesar 16.83 Mpa dan memenuhi standar kuat tekan, kemudian beton additive 10% limbah pembakaran

sampah anorganik sebesar 15.44 Mpa dan memenuhi standar kuat tekan, sedangkan beton additive 15% limbah pembakaran sampah anorganik sebesar 13.83. perbandingan nilai kuat tekan beton normal dan beton additive dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2024

Gambar 1. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Nilai kuat tekan beton normal sebesar 18.65 MPa dan memenuhi standar kuat tekan. Nilai kuat tekan beton additive 5% limbah pembakaran sampah anorganik sebesar 16.83 MPa dan memenuhi standar kuat tekan, kemudian beton additive 10% limbah pembakaran sampah anorganik sebesar 15.44 MPa dan memenuhi standar kuat tekan, sedangkan beton additive 15% limbah pembakaran sampah anorganik sebesar 13.83.
2. Analisa hasil penelitian pengaruh kuat tekan beton additive 5%, 10%, dan 15% tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton normal, juga mengakibatkan penurunan terhadap kuat tekan beton seiring penambahan limbah pembakaran sampah anorganik yang disebabkan oleh kurang mengikatnya agregat.

5.2 Saran

Sebaiknya menggunakan limbah abu pembakaran sampah non organik sebagai material substitusi terhadap kuat tekan beton dihindari, karena sebagian limbah tersebut berupa abu yang dapat terurai menjadi cair ketika terkena air yang akan mengakibatkan komposisi dari agregat halus berkurang sehingga dapat berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

Azwanda, Samsunan, dan Helba Destha Rangga (2017) *Pengaruh Subtitusi Bahan Anorganik Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Jurusan Teknik Sipil, FT UTU, Aceh Barat

Arman. A (2018) *Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standar SNI 7656-2012 Dan ASTM C 136-06*. Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang

- Desi Putri, Rr. Mekar Ageng Kinasti, Endah Lestari (2018) *Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Material Pengganti Pasir Pada Bata Beton Pejal*. Jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknik - Pln
- Desi Putri, Rr. Mekar Ageng Kinasti (2019) *Pemanfaatan Limbah Abu Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan Paving Block*. Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik PLN, Jakarta Barat.
- Helena Dewi Kuntari, Andry Alim Lingga, Asep Supriyadi (t,thn) *Analisis Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan Sni 03-2834-2000 Dan Sni 7656:2012 Dengan Kuat Tekan 30 MPa*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
- I Wayan Suarnita (2011) *Kuat Tekan Beton Dengan Additive Fly Ash Ex. Pltu Mpanau Tavael*
- Marnes Pattirousamal (2023) *Desain Beton Dengan Menggunakan Sisa Bakaran Bata Merah Sebagai Bahan Pengisi Beton*. Prodi D4 Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon
- Mulyono Tri, (2004), *Teknologi Beton*, Yogyakarta.
- Pinondang Simanjuntak (2023) *Pengembangan Teknologi Beton Kinerja Tinggi Yang Berkelanjutan*. Universitas Kristen Indonesia
- Sari Utama Dewi, Bagus Saputra (2024) *Pengaruh Campuran Bedak Dedak Padi Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Sedang*.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 2007, *Teknologi Beton*, Universitas Gadjah Mada.