



## Inovasi Beton Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Kaca dan Plastik PET

Deni Ramadhan<sup>1</sup>, Ismail Wahyudi<sup>2</sup>, Alfiana Afiah<sup>3</sup>, Gusti Putu F.A.<sup>4</sup>, Muhammad Rizky<sup>5</sup>, Kelik Istanto<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Lampung

<sup>1</sup>denisanguara28@gmail.com, <sup>2</sup>yudimail55@gmail.com, <sup>3</sup>alfianaafiah1314@gmail.com, <sup>4</sup>gustiputufebriar@gmail.com,

<sup>5</sup>mrizky894@gmail.com, <sup>6</sup>kelik@polinel.ac.id

### Abstract

Nowadays, the use items made from glass and plastic has increased, causing accumulation. One of them is Bakung landfill in Bandar Lampung which accommodates 1,000 tons per day. Accumulating glass and plastic waste has caused various environmental problems. This research was carried out as form of technological innovation and effort to preserve environment due to this waste. The research purpose is finding environmentally friendly concrete formula by substituting glass waste and PET plastic but have characteristics that comply with SNI standards. Each material that makes up the concrete is tested for its characteristics so that normal concrete mix design can be carried out. Glass waste and PET plastic are substituted at 10%, 15%, and 25% into coarse and fine aggregate formulations in normal concrete formula, thereby creating variations in test specimen. The concrete sample has made in cube with dimensions of 15 x 15 x 15 cm. Concrete compressive strength tests were carried out at 7, 14, 21 and 28 days. Compressive results strength test showed that variations in substitute materials in concrete have effect on resulting compressive strength. Concrete test results with 10% and 15% substitution have compressive strength values that was close to each other and higher than 25% substitution. Even though the two compositions have close compressive strength values, they have different standard deviations. The standard deviation values for 10% and 15% substitution have 35.9913 and 23.1299. So, concrete with 15% substitution composition was the most optimal composition because it showed most dominant advantage among others.

**Keywords:** Waste, Glass, PET Plastic, Mix Design, Compressive Strength

### Abstrak

Dewasa ini penggunaan barang-barang yang berbahan kaca dan plastik mengakibatkan penumpukan limbah. Salah satunya TPA Bakung di Bandar Lampung yang menampung 1.000 ton per hari. Limbah kaca dan plastik yang menumpuk telah menyebabkan timbulnya berbagai masalah lingkungan. Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk inovasi teknologi dan upaya menjaga kelestarian lingkungan akibat adanya limbah tersebut. Penelitian ditujukan untuk menemukan formula beton ramah lingkungan dengan substitusi limbah kaca dan plastik PET namun tetap memiliki karakteristik yang sesuai dengan standar SNI. Setiap material penyusun beton diuji karakteristiknya sehingga kemudian dapat dilakukan *mix design* beton normal. Limbah kaca dan plastik PET disubstitusikan sebanyak 10%, 15%, dan 25% ke dalam formulasi agregat kasar dan halus pada formula beton normal sehingga tercipta variasi formula benda uji. Sampel beton dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa variasi kandungan bahan substitusi pada beton berpengaruh terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan. Hasil uji kuat tekan beton dengan substitusi 10% dan 15% memiliki nilai kuat tekan yang berdekatan dan lebih tinggi dari substitusi 25%. Meskipun kedua komposisi tersebut memiliki nilai kuat tekan yang berdekatan tetapi memiliki perbedaan standar deviasi. Nilai standar deviasi substitusi 10% dan 15% adalah 35,9913 dan 23,1299. Sehingga beton dengan komposisi substitusi 15% adalah komposisi paling optimum karena menunjukkan keunggulan paling dominan diantara yang lainnya.

**Kata kunci:** Limbah, Kaca, Plastik PET, *Mix Design*, Kuat Tekan

Diterima Redaksi : 2023-09-29 | Selesai Revisi : 2023-10-17 | Diterbitkan Online : 2024-03-01



## 1. Pendahuluan

Dewasa ini penggunaan barang-barang yang menggunakan bahan plastik dan kaca sangat banyak dan beragam. Namun, banyaknya penggunaan kaca dan plastik tersebut tidak dibarengi dengan upaya mendaur ulang kembali. Terlebih banyaknya pengguna yang terus meningkat sehingga menyebabkan penumpukan limbah padat (kaca dan plastik) semakin banyak. Limbah inilah yang menjadi permasalahan di lingkungan karena sukar untuk diuraikan [1]. Jika limbah-limbah tersebut tidak ditangani dengan serius akan merusak lingkungan sekitar dan dapat menyebabkan timbulnya berbagai macam penyakit. Limbah yang dibuang sembarangan di laut, sungai, maupun danau akan membuat air tercemar dan menyebabkan terganggunya ekosistem air.

Menurut Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung, sekitar 57 ribu ton limbah masuk ke perairan Lampung per tahun. Dari jumlah tersebut, sekitar 19 ribu ton berada di pesisir Teluk Lampung. Adapun limbah menuju laut di sekitar Kota Bandar Lampung, lebih dari 8.000 ton per tahun. Dilansir dari Radar Lampung (2019) salah satu TPA di Bandar Lampung yaitu TPA Bakung menampung 1.000 ton per hari. Kondisi tersebut membuat TPA Bakung berada diambang batas daya tampung. Limbah yang mendominasi adalah limbah plastik, kaca dan sebagainya [2].

Secara garis besar, beton adalah campuran semen *portland* atau semen hidrolis jenis lainnya, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) sebagai bahan penyusunnya [3]. Beton akan mengalami peningkatan kekerasan seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari.

Salah satu bahan substitusi yang dapat digunakan adalah limbah kaca dan plastik. Kaca merupakan bahan anorganik yang dapat memiliki sifat jernih, tembus cahaya atau berkilau [4]. Kaca memiliki sifat-sifat yang khas tersendiri jika dibanding dengan material sejenis lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan Silika (SiO) dalam proses pembentukannya.

Sedangkan, plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen. Dalam penelitian ini digunakan limbah plastik jenis PET. Plastik PET adalah jenis material substitusi yang memiliki sifat kuat, kaku, tidak berubah ukuran, tidak beracun, tahan terhadap material panas dan bahan kimia [5].

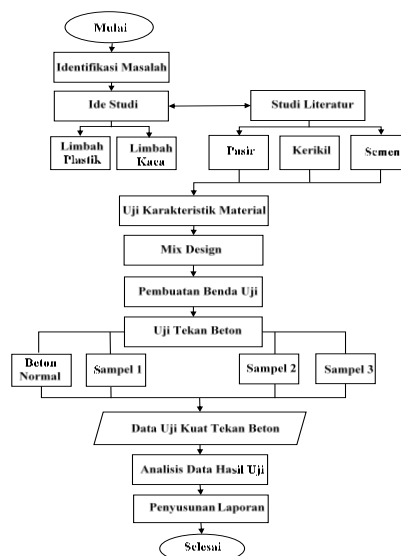
Pemanfaatan limbah kaca sebagai material pengganti sebagian agregat halus dalam beton cukup efektif dan dapat menjadi potensi yang menjanjikan untuk pemanfaatan limbah kaca dalam beton ramah lingkungan. Persentase komposisi yang optimum penggunaan limbah kaca berada pada range 20-40% [6]. Kuat tekan beton dengan substitusi serbuk kaca menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan beton normal. Kuat tekan maksimum didapatkan pada variasi substitusi serbuk kaca 10% terhadap volume pasir dengan presentase peningkatan sebesar 34.722% [7].

Limbah plastik PET dapat digunakan sebagai bahan substitusi pembuatan beton. Adapun komposisi penambahan limbah plastik PET yang efektif sebesar 5% dari berat agregat kasar [8]. Kekuatan tekan benda uji yang terendah terletak pada variasi agregat dengan komposisi plastik 100% sebagai agregat kasarnya. Beton dengan variasi agregat dengan komposisi plastik 100% memiliki nilai kuat tekan 4,81 Mpa. Sedangkan kuat tekan beton dengan komposisi substitusi agregat yang optimum memiliki kadar campuran plastik 50% dengan nilai sebesar 7,27 Mpa [9].

Dari beberapa penelitian tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa limbah kaca dan limbah plastik jenis PET dapat digunakan dalam pembuatan beton. Sehingga pemanfaatan limbah kaca sebagai substitusi halus dan limbah plastik jenis PET sebagai substitusi agregat kasar dalam pembuatan beton bahan dapat dilakukan. Pemanfaatan limbah kaca dan limbah plastik jenis PET dalam pembuatan beton diharapkan dapat menjadi salah satu upaya yang penting untuk dapat mengurangi limbah yang ada di Provinsi Lampung.

## 2. Metode Penelitian

Adapun proses penelitian ini dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

## 2.1 Pengujian Karakteristik Material Penyusun Beton

Pengujian karakteristik yang dilakukan untuk agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir) adalah pengujian berat jenis, kadar air, berat satuan dan gradasi agregat. Bahan substitusi agregat halus (limbah kaca) harus dihancurkan hingga terbentuk serbuk kaca untuk dapat digunakan dalam penelitian ini, sedangkan limbah plastik PET untuk bahan substitusi agregat kasar dijadikan berbentuk potongan berukuran serpihan kecil.

## 2.2 Perancangan Campuran Beton

Perancangan formulasi campuran beton (*mix design*) dilakukan sesuai dengan SK SNI 1974-2011 [10]. Dengan metode tersebut, direncanakan nilai kuat tekan beton rencana sebesar K-300. Dalam penelitian ini, digunakan 4 variasi campuran agregat substitusi limbah kaca dan plastik PET, yaitu 0% (Beton Normal), 10% (Sampel 1), 15% (Sampel 2), dan 25% (Sampel 3). Sampel dibuat sebanyak 3 buah untuk setiap variasi formula benda uji dan pada usia beton 7, 14, 21, dan 28 hari.

## 2.3 Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji adalah tahap pencampuran material penyusun beton pada masing-masing formula. Meliputi pencampuran material semen, kerikil, pasir, air, serbuk kaca dan plastik PET. Pengadukan dilakukan menggunakan *concrete mixer* selama 10 menit hingga seluruh material tercampur rata.

## 2.4 Uji Slump

Uji *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat keenceran adukan beton. Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut Abram yang sudah diletakkan pada tempat dengan permukaan rata. Proses memasukkan adukan dilakukan secara perlahan agar tidak terdapat rongga udara didalamnya. Kemudian, kerucut Abram ditarik vertikal ke atas dari adukan beton lalu diletakkan terbalik disebelah adukan beton yang diuji. Sehingga dapat diketahui nilai slump berdasarkan pengukuran selisih tinggi kerucut Abram dengan kemerosotan adukan.

## 2.5 Pencetakan Benda Uji

Benda uji dicetak menggunakan cetakan berbentuk kubus dengan dimensi 15 x 15 x 15 cm. Bagian dalam cetakan dilapisi dengan cairan oli agar tidak terjadi kerusakan benda uji saat pembongkaran dari cetakan.

## 2.6 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam di bak perendaman berisi air tawar hingga mencapai usia yang direncanakan. Proses ini dilakukan untuk menjaga mutu beton yang dapat turun akibat penguapan berlebih pada kandungan air yang ada di dalam benda uji.

## 2.7 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan SNI 03-1974-1990 [11]. Pada tahap ini dilakukan pengujian  
 DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v5i1.675>

tekan dengan alat *Compression Testing Machine (CTM)* dengan menekan benda uji menggunakan tekanan hidrolik sehingga struktur benda uji runtuh dan diketahui nilai kuat tekan beton.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil uji karakteristik yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut.

### 3.1 Hasil Uji Material Karakteristik Penyusun Beton

Pengujian karakteristik dilakukan terhadap pasir dan kerikil untuk mengetahui kualitas material yang akan digunakan agar beton yang dihasilkan memiliki kuat tekan yang direncanakan. Pengujian yang dilakukan meliputi uji gradasi agregat, uji kadar air, uji berat jenis, dan uji berat satuan. Persiapan dilakukan dengan target material memiliki karakteristik yang sesuai dengan spesifikasi yang berlaku. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut.

#### a. Berat Jenis Agregat

Pengujian berat jenis agregat dilakukan untuk mengetahui rasio perbandingan berat material dengan volumenya. Hasil pengujian berat jenis disajikan dalam Tabel 1.

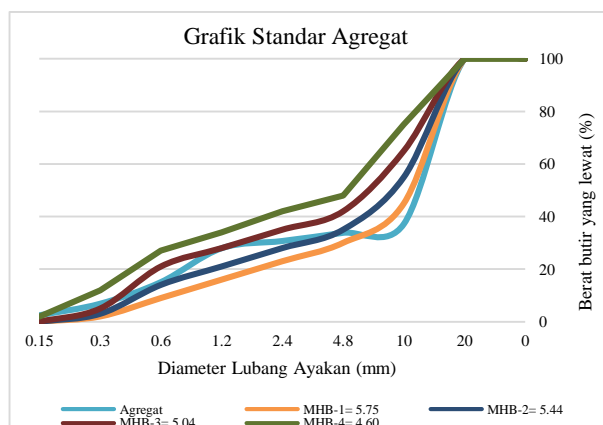
Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis

Berat Jenis	Agregat Halus	Agregat Kasar
Berat Jenis Semu	2,66 gram	2,74 gram
Berat Jenis SSD	2,61 gram	2,59 gram
Berat Jenis Kering	2,57 gram	2,50 gram

SNI 1969:2008 tentang spesifikasi karakteristik agregat, mensyaratkan angka berat jenis agregat yang diizinkan berada pada rentan 1,6 – 3,3 [12]. Sehingga berat jenis agregat halus dan kasar yang akan digunakan telah memenuhi standar.

#### b. Modulus Halus Butir Agregat

Pengujian modulus dilakukan untuk mengetahui tingkat gradasi agregat yang akan digunakan. Hasil pengujian modulus hasil butir disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Standar Agregat

Gambar 2 menjelaskan modulus halus butiran agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar. Adapun persentase berat tertinggal dalam perhitungan modulus halus butir pasir disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Modulus Halus Butir Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)
40	0	0	0
20	0	0	0
10	10	0,5	0,5
4.8	16	0,8	1,3
2.4	178	8,93	10,23
1.2	160	8,02	18,25
0.6	752	37,71	55,97
0.3	480	24,07	80,04
0.15	256	12,84	92,88
Sisa	142	7,12	-
Jumlah	1994	100%	259,2
<b>Modulus Halus Butir Pasir</b>			<b>2,592</b>

Berdasarkan [13] untuk spesifikasi karakteristik agregat halus, angka untuk Modulus Kehalusan Agregat Halus yang diizinkan antara 1,50 – 3,80. Jadi nilai modulus kehalusan yang diperoleh dari hasil pengujian yaitu 2,592 telah sesuai dengan spesifikasi dan dapat digunakan.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Modulus Halus Butir Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)
0	0	0	0
20	118	5,9	5,9
10	1786	89,3	95,2
4.8	94	4,7	99,9
2.4	2	0,1	100
1.2	0	0	100
0.6	0	0	100
0.3	0	0	100
0.15	0	0	100
Sisa	0	0	-
Jumlah	2000	100%	701
<b>Modulus Halus Butir Kerikil</b>			<b>7,01</b>

SNI ASTM C136:2012 mensyaratkan karakteristik agregat kasar dengan interval untuk modulus kehalusan agregat kasar berada antara 5,50 – 8,50 [13]. Sehingga nilai modulus kehalusan yang diperoleh dari hasil pengujian yaitu 7,01 telah sesuai dengan spesifikasi,

sehingga agregat halus ini dapat digunakan untuk bahan campuran beton.

### c. Data Kadar Air Agregat

Pengujian kadar air agregat dilakukan untuk mengetahui kandungan air pada agregat. Nilai kadar air agregat memengaruhi kebutuhan air pada hasil *mix design* beton dan faktor air semen memengaruhi pada kuat tekan beton. Hasil pengujian kadar air disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kadar Air Agregat

Jenis Sampel	Berat
Berat Agregat Basah (W)	1978 gram
Berat Kering Oven (Wk)	1902 gram
Berat Jenuh Kering SSD (Wjkm)	1920 gram
Kadar Air Agregat Basah (K)	4 %
Kadar Air Agregat SSD (Kjkm)	0,9464 %

SNI 03-1971-1990 tentang spesifikasi karakteristik agregat kasar (kerikil) mensyaratkan interval untuk kadar air berada antara 0,5% - 2,0% [14]. Jadi kadar air yang diperoleh dari pengujian yaitu 0,9464% telah sesuai standar spesifikasi. Sehingga agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beton.

### 3.2 Hasil *Mix Design*

Kuat tekan yang direncanakan dalam *mix design* penelitian ini sebesar K-300. Berdasarkan kuat tekan yang direncanakan dan perhitungan yang dilakukan maka didapatkan kebutuhan material yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Material

Material	Berat Material per m <sup>3</sup> Beton	Volume Material per m <sup>3</sup> Beton	Volume Material per Sampel Kubus Ukuran 15x15x15 cm
Semen	479,3300 kg	0,5216 m <sup>3</sup>	0,0005 m <sup>3</sup>
Pasir	551,7600 kg	0,2114 m <sup>3</sup>	0,0007 m <sup>3</sup>
Kerikil	1062,6800 kg	0,4103 m <sup>3</sup>	0,0014 m <sup>3</sup>
Air	225,0000 liter	0,2250 liter	0,0008 m <sup>3</sup>

Setelah mengetahui berat material yang dibutuhkan per kubus, maka dapat diketahui besaran kebutuhan material campuran yang akan disubstitusi dalam *mix design*. Kebutuhan material dan substitusi bahan campuran disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan Material dan Bahan Campuran

Jenis Sampel	Material	Volume Material Pokok (m <sup>3</sup> )	Volume Substitusi Kaca (m <sup>3</sup> )	Volume Substitusi Plastik (m <sup>3</sup> )	Jumlah (m <sup>3</sup> )
Sampel Normal	Semen	0,0005			0,0005
	Pasir	0,0071		0,0000	0,0071
	Kerikil	0,0014		0,0000	0,0014

Jenis Sampel	Material	Volume Material Pokok (m <sup>3</sup> )	Volume Substitusi Kaca (m <sup>3</sup> )	Volume Substitusi Plastik (m <sup>3</sup> )	Jumlah (m <sup>3</sup> )
Sampel Substitusi 10%	Air	0,0008			0,0008
	Semen	0,0005			0,0005
	Pasir	0,0064	0,0007		0,0071
	Kerikil	0,0012		0,0001	0,0014
	Air	0,0008			0,0008
Sampel Substitusi 15%	Semen	0,0005			0,0005
	Pasir	0,0060	0,0010		0,0071
	Kerikil	0,0012		0,0002	0,0014
	Air	0,0008			0,0008
Sampel Substitusi 25%	Semen	0,0005			0,0005
	Pasir	0,0053	0,0018		0,0071
	Kerikil	0,0010		0,0003	0,0014
	Air	0,0008			0,0008

### 3.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)*. Hasil Pengujian kuat tekan beton disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Tekan Beton

Jenis Beton	Umur (Hari)	Kuat Tekan (kN)	Kuat Tekan (Kg/m <sup>2</sup> )	Standar Deviasi	Standar Deviasi
1	2	3	4	5	6
Beton Normal	7	332,53	227,02		
	14	358,70	181,37		
	21	555,33	259,5		
	28	553,20	245,87		
Beton Substitusi Bahan 10%	7	454,53	310,31	4,9496	
	14	443,20	224,09	5,7512	35,9913
	21	496,50	232,04	4,2967	
	28	530,20	235,64	16,393	
Beton Substitusi Bahan 15%	7	364,06	248,55	21,951	
	14	411,66	208,15	2,8823	23,1299
	21	543,13	253,83	8,8851	
	28	516,10	229,38	16,734	
Beton Substitusi Bahan 25%	7	330,86	225,89		
	14	388,83	196,60		
	21	399,30	186,61		
	28	424,26	188,56		

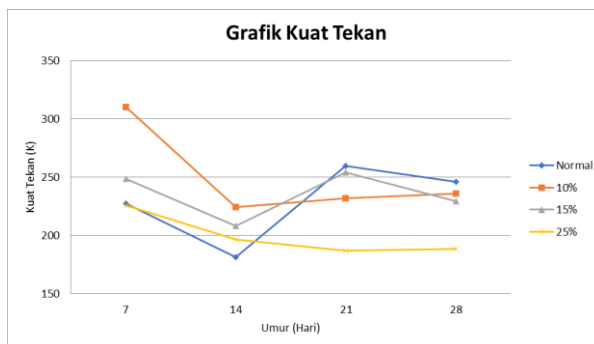
Keterangan:

- 1 Jenis beton berdasarkan formulasi
- 2 Umur pengujian beton
- 3 Kuat tekan beton yang terbaca pada *Compression*

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v5i1.675>

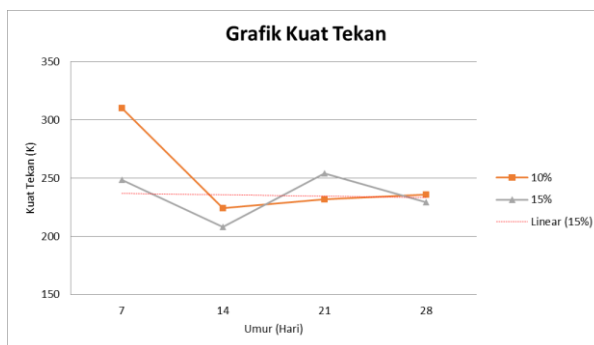
### Testing Machine.

- 4 Kuat tekan beton yang telah dikonversi dengan asumsi umur beton 28 hari menggunakan faktor umur.
- 5 Standar deviasi tiap umur beton.
- 6 Standar deviasi tiap jenis beton berdasarkan persentase substitusi.



Gambar 3. Grafik kuat tekan beton yang sudah dikonversi dengan asumsi umur beton 28 hari menggunakan faktor umur

Dari Gambar 3, hasil analisis data pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan, dapat dilihat pada grafik bahwa kuat tekan beton dengan substitusi bahan 10% dan 15% memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton substitusi bahan 25%. Untuk menentukan formulasi yang optimum dari kedua data tersebut maka dilakukan analisa statistik sebagaimana tertera pada grafik berikut.



Gambar 4. Grafik kuat tekan beton substitusi bahan 10% dan 15%

Sesuai dengan Gambar 4, maka terlihat bahwa hasil kuat tekan beton substitusi bahan 10% dan 15% memiliki nilai kuat tekan yang hampir sama. Beton dengan substitusi bahan 10% memiliki kuat tekan maksimal pada umur 7 hari sebesar 310,31 Kg/m<sup>2</sup> dan 235,64 Kg/m<sup>2</sup> pada umur 28 hari, sedangkan untuk beton dengan substitusi bahan 15% memiliki kuat tekan masimal pada umur 21 hari sebesar 253,83 Kg/m<sup>2</sup> dan 229,38 Kg/m<sup>2</sup> pada umur 28 hari. Sehingga dilakukan analisa data statistik yang menunjukkan nilai standar deviasi untuk kuat tekan dari kedua sampel. Diketahui bahwa standar deviasi kuat tekan untuk beton substitusi bahan 15% lebih kecil dibandingkan dengan beton substitusi bahan 10%. Untuk standar deviasi beton substitusi bahan 10% sebesar 35,9913 dan beton substitusi bahan 15% sebesar 23,1299. Hal ini menandakan kuat tekan beton substitusi bahan 15% lebih stabil dibandingkan dengan beton substitusi bahan 10%. Untuk beton substitusi 10% menggunakan

material kaca sebanyak 0,0010 liter dan plastik 0,0001 liter dalam 1 liter komposisi material. Sedangkan untuk beton dengan substitusi 15% menggunakan material kaca sebanyak 0,0010 liter dan kerikil 0,0002 liter dalam 1 liter komposisi material. Sehingga beton dengan substitusi bahan 15% merupakan beton dengan komposisi yang paling optimum untuk digunakan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapat data bahwa beton dengan substitusi bahan 10% dan 15% memiliki kuat tekan yang tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan standar deviasi untuk hasil pengujian kuat tekan sampel untuk beton dengan substitusi bahan 10% dan 15% diketahui bahwa standar deviasi beton dengan substitusi bahan 15% lebih kecil dari beton substitusi bahan 10%. Hal tersebut menunjukkan bahwa formulasi optimum yang baik untuk digunakan adalah beton dengan substitusi bahan 15% dengan perbandingan volume material semen : pasir : kerikil : air : kaca : plastik PET adalah sebesar 1 : 12 : 3 : 2 : 2 : 1.

Selain itu, penggunaan formulasi beton dengan substitusi bahan 15% tersebut menggunakan limbah kaca dan plastik lebih banyak sehingga dapat membantu mengurangi volume limbah kaca dan plastik di lingkungan sekitar tanpa mengabaikan kualitas dari beton yang dihasilkan. Sehingga penggunaan limbah kaca dan plastik sebagai bahan substitusi beton tentunya dapat menjadi solusi untuk menjaga kelestarian lingkungan sekitar akibat pencemaran limbah kaca dan plastik PET.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan pendanaan demi kelangsungan penyelenggaraan riset ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak Politeknik Negeri Lampung yang telah memberikan fasilitas untuk digunakan selama kegiatan riset berlangsung.

#### Daftar Rujukan

- [1] M. Fauzi *et al.*, "Pengenalan dan Pemahaman Bahaya Pencemaran Limbah Plastik pada Perairan di Kampung Sungai Kayu Ara Kabupaten Siak," *Unri Conference Series: Community Engagement*, vol. 1, pp. 341–346, 2019.
- [2] Kusumayuda, "Volume Sampah Terus Meningkat, TPA Bakung Tampung 1000 Ton Per Hari," <https://radarlampung.co.id/2019/09/20/volume-sampah-terus-meningkat-tpa-bakung-tampung-1000-ton-perhari/>.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2013," Jakarta, 2013.
- [4] Lestari and M. Ridha Alhamdani, "Penerapan Material Kaca Dalam Arsitektur," *Langkau Betang*, vol. Vol 1, no. No 2, pp. 30–42, 2014.
- [5] D. M. Wibowo and J. P. Sari, "Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Produk Kreatif Sebagai Media Pembelajaran Bagi Pelajar Desa Terusan Mulya, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah," *Journal of Community Services*, vol. Vol 3, no. No 2, pp. 108–116, 2022.
- [6] M. R. Oliy, I. E. Poe, I. Ichsan, and A. Oliy, "Limbah Kaca Sebagai Penganti Sebagian Agregat Halus Untuk Beton Ramah Lingkungan," *Teras J.*, vol. 11, no. 1, p. 113, 2021, doi: 10.29103/tj.v11i1.407.
- [7] A. H. Tsauri, "Pengaruh Proporsi Limbah Kaca Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus pada Campuran Beton Terhadap Kuat Lekatan (Bond Strength) Tulangan Baja," pp. 1–16, 2018.
- [8] Kamaliah and N. Handayan, "Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate) Pada Pembuatan Beton Mutu Rendah Di Kota Palangka Raya," vol. 5, pp. 1–7, 2020.
- [9] A. P. Yoesran, N. Ramadhani, A. K. Hadi, S. Supardi, and A. Fadhil, "Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Substitusi/Pengganti Agregat Kasar untuk Campuran Beton Ringan," vol. 1, no. 3, pp. 318–323, 2019.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, "Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa, SNI 7656:2012". Jakarta, 2012.
- [11] Badan Standarisasi Nasional, "Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SNI 03-1974-1990" Jakarta, 1990.
- [12] Badan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar, SNI 1969:2008" Jakarta, 2008.
- [13] Badan Standarisasi Nasional, "Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar, SNI ASTM C136:2012" Jakarta, 2012.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, "Metode Pengujian Kadar Air Agregat," SNI 03-1971-1990" Jakarta, 1990.