

PEMANFATAN LIMBAH PECAHAN BOTOL KACA SEBAGAI AGREGATKASAR PADA CAMPURAN BETON

Eustakius N. Tunti¹⁾, Safrin Zuraidah²⁾, Budi Hastono³⁾

¹⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo,
Surabaya, Indonesia

Email: eustakiustunti20gmail.com

²⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
Surabaya, Indonesia

Email: safrin.zuraidah@unitomo.ac.id

³⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
Surabaya, Indonesia

Email: budiastono@gmail.com

Abstract

Development developments in the construction sector are increasingly advanced and sophisticated, concrete technology has broad potential in the construction sector, because concrete is easy to work with and economical in terms of costs. With its high compressive strength, concrete can be used to build large and heavy structures. However, concrete has low tensile strength and is brittle. A mixture of sand, crushed stone and broken glass bottle waste, adhesive (Portland cement), water and other additives. The use of broken glass bottle waste in concrete mixtures is no stranger to the world of construction where one of the waste glass bottle shards can be used in the concrete mixture. The aim of this research is to analyze the effect of adding broken glass bottle waste and to obtain optimum composition values that produce maximum compressive strength of concrete. The variations in the percentage of broken glass bottle waste used in this research are 10%, 15%, 20%, from weight of coarse aggregate. This research refers to the SNI 03-2834-2000 mix design, with a planned concrete quality of $f'_c = 25$ MPa. The number of test objects was 48, of which the compressive strength was 36, the compressive strength used a 15 x 30 cm cylinder and the porosity was 12 using a 5 x 10 cm cylinder. Concrete tests were carried out when the concrete was 7, 14 and 28 days old for compressive strength and 28 days and porosity. The results of the research show that the maximum compressive strength of concrete for variations in broken glass bottle waste of 10%, 15%, 20%, decreases and does not exceed the value of normal concrete so it cannot be recommended for use in concrete mixtures.

Keywords: Waste Glass Bottle Fragments, Coarse Aggregate, compressive strength

Abstrak

Perkembangan pembangunan di bidang konstruksi yang semakin maju dan serba canggih, teknologi beton mempunyai potensi yang luas dalam bidang konstruksi, karena beton mudah dikerjakan dan ekonomis dari segi biaya. Dengan kekuatan tekannya yang tinggi, beton dapat digunakan untuk membangun struktur yang besar dan berat. Tetapi beton mempunyai kekuatan tarik rendah dan sifatnya getas (*Brittle*). Campuran adukan dari pasir, batu pecah dan limbah pecahan botol kaca, bahan perekat (*Cement Portland*), air dan bahan tambahan lainnya. Penggunaan limbah pecahan botol kaca dalam campuran beton tidak asing lagi dalam dunia konstruksi dimana salah satu limbah pecahan botol kaca yang bisa digunakan dalam campuran pembuatan beton. Tujuan dari penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisa pengaruh penambahan limbah pecahan botol kaca dan untuk mendapatkan nilai komposisi yang optimum yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal Adapun variasi persentase limbah pecahan botol kaca yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 10%, 15%, 20%, dari berat agregat kasar. Penelitian ini mengacu pada desain campuran SNI 03-2834-2000, dengan mutu beton yang direncanakan $f'_c = 25$ MPa. Jumlah benda uji yaitu 48 buah dimana kuat tekan 36 buah, kuat tekan menggunakan silinder 15 x 30 cm dan porositas 12 buah menggunakan silinder 5 x 10 cm. Pengujian beton dilakukan pada saat beton berumur 7, 14 dan 28 hari untuk kuat tekan serta 28 hari dan porositas. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton pada variasi limbah pecahan botol kaca 10%, 15%, dan 20%, menurun dan tidak melebihi dari hasil nilai dari beton normal sehingga tidak dapat direkomendasikan untuk digunakan dalam campuran pembuatan beton.

Kata Kunci: Limbah Pecahan Botol Kaca, Agregat Kasar, kuat tekan

PENDAHULUAN

Beton merupakan pilihan utama yang paling banyak digunakan sebagai bahan dasar konstruksi bangunan karena dianggap memiliki keawetan dan kekuatan dalam pembangunan

infrastruktur. Karena dianggap memiliki kekuatan dan keawetan yang tinggi, beton adalah bahan yang paling umum digunakan untuk membangun bangunan. Beton adalah campuran dari tiga bahan utama yang digunakan dalam konstruksi. bangunan

utama yaitu semen, agregat (biasanya pasir, kerikil, atau batu pecah), dan air. Bahan yang kuat dan tahan lama ini digunakan dalam berbagai proyek konstruksi seperti bangunan, jembatan, jalan, dan lainnya setelah campuran ini dicampur dan dicampur secara merata.

Seiring dengan melambungnya harga semen sebagai bahan utama pembuatan beton, maka biaya pembuatan beton menjadi mahal. Mahalnya biaya pembuatan beton merupakan suatu permasalahan yang perlu dipecahkan guna perkembangan teknologi di bidang konstruksi, khususnya pada biaya pembuatan suatu struktur bangunan

Dalam beberapa tahun terakhir, kesadaran akan dampak negatif limbah industri telah mendorong penggunaan material daur ulang dalam konstruksi. Penggunaan material yang tidak terpakai menjadi alternatif untuk memanfaatkan limbah dan mengurangi ketergantungan pada bahan utama penyusun beton. Contohnya, fly ash, residu halus dari pembakaran batu bara yang memiliki sifat pozzolanik, dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Sementara itu, limbah pecahan kaca yang dihancurkan menjadi serbuk kaca dapat menjadi alternatif pengganti sebagian agregat halus. Limbah pecahan kaca, yang biasanya hanya didaur ulang, memiliki kandungan silika yang tinggi, menjadikannya cocok untuk menggantikan sebagian agregat halus dalam material beton

R Pratama, dkk (2022) Pengaruh penambahan limbah botol kaca sebagai Substitusi agregat halus pada nilai kuat tekan beton Hasil kuat tekan rata-rata yang di dapatkan mulai pada umur perendaman 28 hari dengan presentase 0% tanpa kaca mutu beton yang di dapatkan yaitu 17,15 Mpa. pada presentase 10% dengan menggunakan tambahan limbah botol kaca dengan mutu beton yang di dapatkan yaitu 18,97 Mpa. mengalami peningkatan untuk umur 28 hari dari presentase 0% ke 10% yaitu 10,61 %. Selanjutnya pada presentase 15% dengan menggunakan tambahan limbah botol kaca dengan mutu beton yang di dapatkan yaitu 18,45 Mpa. mengalami peningkatan untuk umur 28 hari presentase 0% ke 15% yaitu 7,58%. Selanjutnya pada presentase 20% dengan menggunakan tambahan limbah botol kaca dengan mutu beton yang di dapatkan yaitu 17,93 Mpa, mengalami peningkatan untuk umur 28 hari presentase 0% ke 20% yaitu 4,

Dari hasil penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini peneliti mencoba menggunakan limbah pecahan botol kaca untuk mengetahui nilai kuat tekan dan berat volume pada beton sebagai penambahan pada agregat kasar untuk campuran pembuatan beton dengan komposisi 0%, 10%, 15%, dan 20%.

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menghitung komposisi limbah pecahan botol kaca pada agregat kasar yang dapat meningkatkan kuat tekan beton; untuk menentukan persentase penggunaan limbah pecahan botol kaca pada agregat kasar yang baik pada kuat tekan tertinggi; dan untuk menganalisa nilai kuat tekan beton mutu normal dan berat volume beton pada umur 28 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

S Apriwelni dkk,(2020) Penelitian ini membahas pengaruh kuat tekan beton mutu tinggi dengan memanfaatkan limbah fly ash dan limbah kaca. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kuat tekan beton pada masing-masing variasi, mengetahui persentase campuran beton untuk menghasilkan kuat tekan maksimum, dan mengetahui apakah fly ash dan serbuk kaca efektif digunakan secara bersamaan sebagai bahan campuran beton. Komposisi fly ash terdiri dari 5 variasi yaitu persentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Sedangkan untuk komposisi serbuk kaca terdiri dari 2 variasi yaitu persentase 5% dan 10%. Jumlah benda uji 30 buah silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan 3 benda uji untuk setiap variasi. Perencanaan campuran beton menggunakan SNI 03-2834- 2000 yang dimodifikasi. Pengujian kuat tekan diuji pada umur beton 28 hari. Beton dengan fly ash 0% dan serbuk kaca 10% memiliki kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan beton dengan tambahan fly ash, yaitu 46,77%. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya jumlah persentase serbuk kaca yang digunakan menunjukkan bahwa kuat tekan beton semakin bertambah juga. Penambahan fly ash pada campuran beton mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan. Pada variasi fly ash 0% memiliki kuat tekan tertinggi baik pada saat campuran serbuk kaca 5% dan 10%. Variasi fly ash 15% adalah kondisi optimum campuran beton dengan kuat tekan beton yaitu 43,31 Mpa. Kedua limbah ini dapat dikombinasikan dan dimanfaatkan dengan baik dan digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi.

M R Dhestyanto, dkk, (2024) Analisis variasi pengaruh penggunaan fly ash dan limbah Pecahan kaca terhadap sifat mekanis high strength Concrete. metode eksperimen perencanaan campuran digunakan dalam penelitian ini. Dengan kuat tekan perencanaan 42 MPa, benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm digunakan untuk menguji modulus elastisitas dan kuat tekan pada umur 14 dan 28 hari, dan benda uji silinder berukuran 10 cm x 20 cm digunakan untuk menguji absorpsi pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi fly ash dan pecahan kaca dapat meningkatkan nilai slump; nilai slump tertinggi adalah 12,5% pada variasi fly ash dan 10% pada variasi pecahan kaca 92 mm. Selain itu, substitusi ini dapat mengurangi penyerapan air sebesar 11,18% pada variasi pecahan kaca.

B. PENGERTIAN BETON

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Karena kekuatan tekannya yang tinggi, beton banyak digunakan dalam pemilihan berbagai jenis struktur, terutama bangunan, jembatan, dan jalan. DPU- LPMB memberi tahu untuk beton yang dibuat dengan mencampur semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.SNI 2847:2013.

C. BETON SEARAT

Beton serat merupakan beton dengan campuran seperti beton pada umumnya tetapi pada campurannya ditambahkan fiber/serat (ACI Committee 544,

1982).Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat beton pada beton serat antara lain baja,plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain (ACI, 1982).

D. MATERIAL PEMBENTUK BETON

1. Semen Portland

Semen hidrolis, bahan jadi yang mengeras dengan adanya air, memiliki sifat melekat yang memungkinkan fragmentasi mineral melekat menjadi massa yang padat (Nurlina, 2011, p.64). Dalam Campuran beton biasanya menggunakan semen portland. Semen portland diperoleh dengan menghaluskan butiran klinker dengan gipsium dan bersifat hidrolis, sehingga mnegeras ketika bereaksi dengan air dan tetap stabil dalam air

2. Agregat

Agregat adalah butiran batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya yang berasal dari alam dan digunakan sebagai pengisi campuran untuk mortar atau beton. Agregat dapat diklasifikasikan menjadi agregat kasar dan agregat halus berdasarkan ukurannya. Agregat dapat berbentuk besar atau kecil (Sukirman, 2003) Menurut ukurannya agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan kasar.

3. Air

Air adalah salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan dan perawatan beton. Fungsinya pada pembuatan beton adalah untuk membantu reaksi kimia portland cement dan sebagai bahan pelicin antara. Semen dengan agregat agar lebih mudah. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar dua 25-30% dari berat semen. Tjokrodinuljo (1996) Untuk menggunakan air sebagai bahan campur beton untuk bangunan, SNI S-04- 1989-F menetapkan bahwa air harus memenuhi syarat sebagai berikut:

4. Pecah botol kaca

Pecah botol kaca adalah salah satu jenis agregat yang menarik perhatian karena memiliki kemampuan untuk mengurangi dampak limbah kaca yang terus meningkat pada lingkungan. dengan mengubah botol kaca bekas menjadi bagian penting dari Campuran beton mengurangi penggunaan agregat alami seperti kerikil atau batu pecah, menurunkan tekanan pada sumber daya alam. Selain itu, limbah kaca ini dapat digunakan kembali.

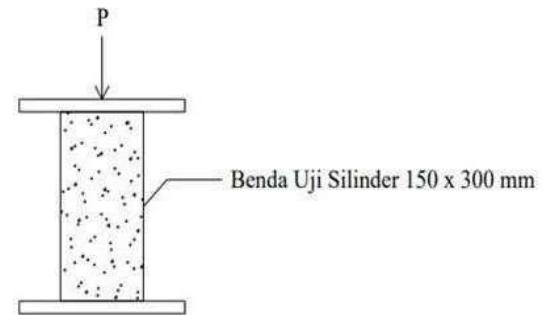
E. PENGUJIAN BETON

1. Kuat Tekan Beton

Selama proses pembuatan beton, salah satu output yang dicari adalah kekuatan tekan beton. Ini dilakukan dengan membuat rangka untuk mengukur kekuatan beton di lapangan atau laboratorium. karena kekuatan tekan beton

dibandingkan dengan nilai tekan beton yang direncanakan, menentukan apakah telah memenuhi syarat atau tidak.

Pengujian kuat tekan beton tidak serta merta dapat dilakukan sembarangan karena dalam pengujian kuat tekan telah diatur tata cara pelaksanaannya agar sampel uji yang di uji kuat tekan memiliki hasil yang akurat, tata cara pengujian ini diatur pada SNI 1974:2011



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan

Nilai kuat tekan beton dihitung dengan membagi gaya dengan luas permukaan benda uji, yang diwakili dalam N/mm² atau MPa. Nilai tekan beton dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

f_c = Kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban atau tekanan yang dihasilkan mesin uji (N)

A = Luasan penampang benda uji (mm)

2. Porositas

Porositas beton merupakan suatu perbandingan volume void (pori) terhadap volume total beton [6]. Porositas beton juga berarti tingkat kepadatan pada konstruksi beton. Porositas berhubungan erat dengan permeabilitas pada beton. Tingginya tingkat kepadatan beton berpengaruh terhadap besar kuat tekannya. Semakin besar nilai porositas beton, maka kuat tekan betonnya semakin kecil. Persentase dari porositas beton berpori sekitar 30%, tingginya nilai persentase beton berpori mengindikasikan beton berpori memiliki ruang kosong yang cukup besar dengan adanya atau tidak digunakan agregat halus pada campurannya [4].

Berdasarkan ASTM C (642-90) [8] didapatkan persamaan porositas beton sebagai berikut:

$$n = \frac{C-A}{C-D} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

N = Porositas benda uji (%)

A = Berat kering oven benda uji (kg)

C = Berat beton kondisi SSD (kg)

D = Berat beton dalam air (kg)

3. Berat Volume

Volume beton merupakan nilai yang dinyatakan untuk berat beton per satuan volume berdasarkan pada rumus berikut:

$$BV = \frac{BS}{VB} \dots \dots \dots (3)$$

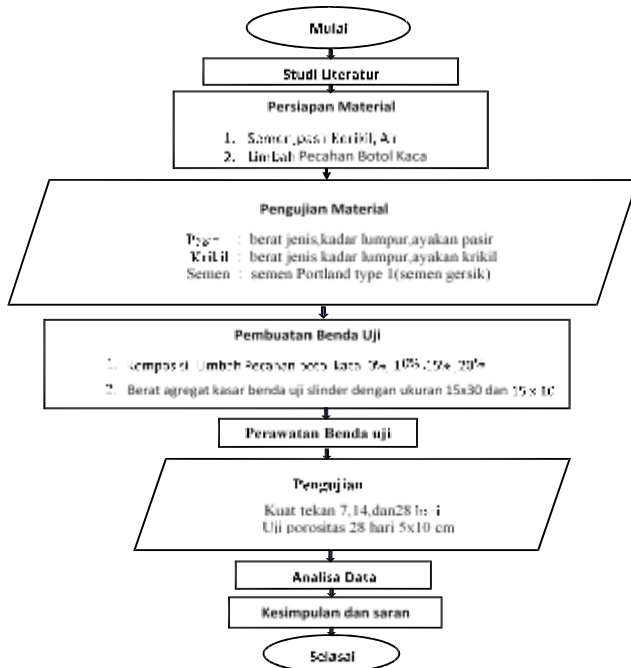
BV = Berat Volume Beton (Kg/cm³)

Bs = Berat Beton (Kg)

Vb = Volume Beton (cm³)

METODE PENELITIAN

Diagram Alir (Flow Chart)



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tempat Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu dilakukan secara eksperimen untuk mendapatkan data penelitian melalui pengujian dan penelitian di Laboratorium beton Teknik Sipil Universitas Dr. Soetomo Surabaya yang meliputi serangkaian pengujian material beton, pengujian kuat tekan dan berat volume.

Persiapan Material

Material yang pakai yaitu Pasir dari Mojokerto, semen jenis 1 (semen gersik), krikil, air bersih dari Laboratorium, dan limbah pecahan botol kaca adalah bahan yang diperlukan. Sebelum melakukan pengujian dan pencetakan beton, material beton harus diperiksa terlebih dahulu, serta alat yang akan digunakan, agar pada saat eksperimen bisa dijalankan dengan baik.

Uji Material

Pengujian material ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis, kadar lumpur pada pasir dan krikil, dan bagaimana menggunakan ayakan Pengujian material dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar sebelum

pembuatan benda uji dilakukan. Berikut merupakan pengujian material yang dilakukan dalam penelitian:

❖ Agregat kasar Analisa agregat kasar ini dilakukan untuk mengetahui kualitas agregat kasar yang digunakan untuk membuat campuran beton. Salah satu tes yang dilakukan adalah;

- ❖ Analisa Saringan.
- ❖ Analisa Kadar Air
- ❖ Uji material
- ❖ Analisa kadar lumpur
- ❖ Kadar air
- ❖ Berat Jenis SSD
- ❖ Berat Volume
- ❖ Penggabungan

2. Agregat Limbah

- ❖ Kadar Air
- ❖ Kadar Lumpur
- ❖ Berat Jenis SSD
- ❖ Berat Volume
- ❖ Absorbtion

3. Agregat halus

- ❖ Kadar Air
- ❖ Kadar Lumpur
- ❖ Berat Jenis SSD
- ❖ Berat Volume
- ❖ Absorbtion
- ❖ Penggabungan

Pembuatan Benda Uji

- ❖ Bahan dan alat yang diperlukan untuk pembuatan beton dipersiapkan sebelumnya
- ❖ Bahan-bahan yang akan dipakai ditimbang beratnya, kemudian dimasukkan kemesin pengaduk (molen) berturut-turut agregat kasar, agregat halus, semen dan air sedikit demi sedikit.
- ❖ Setelah semua bahan benar-benar bercampur, kemudian diperkirakan apakah kekentalannya sudah sesuai dengan "slump" 15x30 dan 5x10 cm.
- ❖ Pengukuran "slump" segera dilakukan setelah beton tercampur dengan rata.

Adapun cara untuk mendapatkan nilai slump, adalah sebagai berikut:

- Corong Abraham diletakkan pada tempat yang datar.
- Adukan beton dimasukkan kedalam
- kerucut tersebut sebanyak 1/3 bagjannya, kemudian ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali. Hal ini dflakukan berulang sampai kerucut Abraham penuh terisi.
- Setelah permukaan diratakan, kerucut ditarik vertikal secara perlahan.
- Kerucut diletakkan disebelah adukan tersebut dan diukur penurunannya
- Besar penurunan, disebut nilai "slump"

❖ Kemudian pengisian adukan kedalam cetakan yang sudah diolesi dengan oli dan telah terkunci dengan rapat. Pengisian adukan ini dilakukan secara bertahap yaitu setiap 1/2 bagian cetakan. Tiap bagian ini ditusuk-tusuk,

untuk pemadatan adukan. Setelah selesai melakukan pemadatan, adukan

- ❖ Setelah selesai melakukan pemadatan, ratakan permukaan beton dan ketuklah sisi-sisi cetak perlahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Biarkan beton didalam cetakan selama 24 jam dan diletakkan ditempat yang bebas getaran.
- ❖ Setelah 24 jam, benda uji dikeluarkan dari cetakan, lahi ditutupi dengan goni basah yang berguna untuk pematangan ("curing"), sampai benda uji tersebut akan diuji.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Campuran limbah pecahan botol kaca	Umur beton (hari)	Uji kuat tekan	Porositas	Jumlah
0%	7	3	3	3
	14	3		3
	28	3		6
10%	7	3	3	3
	14	3		3
	28	3		6
15%	7	3	3	3
	14	3		3
	28	3		6
20%	7	3	3	3
	14	3		3
	28	3		6
Total Sampel		36	12	48

Sumber: olahan peneliti (2024)

HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

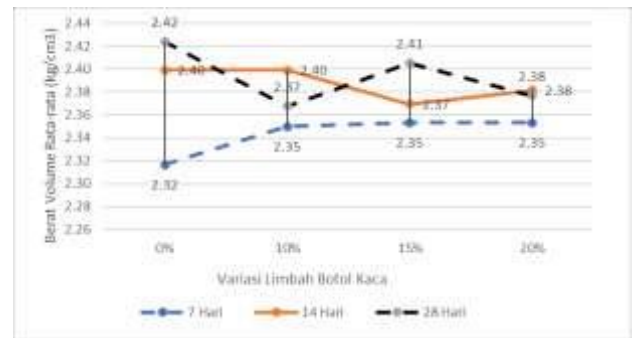
A. HASIL PENGUJIAN BERAT VOLUME BETON

Pengujian berat volume beton dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari dengan persentase penambahan limbah pecahan botol kaca 0%, 10%, 15% dan 20%. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur dimensi serta menimbang berat dari benda uji tersebut sebelum dilakukan pengujian kuat tekan. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

Tabel 2. Rekapitulasi Berat Volume Rata-Rata Umur 7, 14, dan 28 Hari

Umur (Hari)	Variasi Limbah Pecahan Botol Kaca	Berat Volume Rata-rata (Kg/m ³)
7	0%	2.34
14		2.40
28		2.42
7	10%	2.40
14		2.40
28		2.37
7	15%	2.04
14		2.37
28		2.41
7	20%	2.04
14		2.38
28		2.38

Sumber: Olahan Penelitian 2024



Gambar 3 Grafik Rekapitulasi Berat Volume Rata-Rata Umur 7, 14, dan 28 Hari

Tabel 3. Rekapitulasi Kuat Tekan Rata-Rata 7, 14, dan 28 hari

Umur (Hari)	Variasi Limbah Pecahan Botol Kaca	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
7	0%	13.39
14		13.77
28		13.68
7	10%	12.45
14		13.77
28		13.87
7	15%	9.05
14		13.21
28		12.54
7	20%	13.02
14		12.07
28		13.87

Sumber: Olahan Penelitian 2024



Gambar 4. Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Terhadap Umur 7, 14, dan 28 hari.

Rekapitulasi Kuat Tekan Rata-Rata 7, 14, dan 28 hari Berdasarkan tabel 4.39 dan Grafik 4.10 diatas menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya umur beton. Beton dengan umur 28

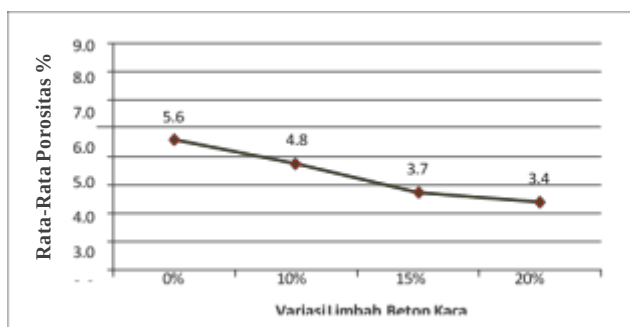
hari memiliki kuat tekan tertinggi di mana pada beton normal 10% dan 20% menggunakan limbah pecahan botol kaca sebesar 13,87 MPa

B. POROSITAS

Tabel 4. Hasil Uji Porosits Pada Umur 28 Hari

Varasi limbah Pecaha Botol Kaca	Berat (gram)	Berat Kering (gram)	Porositas %	Rata-Rata Porostas	Turun/ Naik%
0%	424	420	2.04	5.6	0.00
	439	424	7.64		
	414	400	7.13		
10%	434	424	5.09	4.8	-15.15
	427	418	4.58		
	430	421	4.58		
15%	456	449	3.57	3.7	-33.33
	437	429	4.07		
	443	436	3.57		
20%	450	443	3.57	3.4	-39.39
	450	442	4.07		
	443	438	2.55		

Sumber: Olahan Dari Penelitian 2024



Gambar 5. Grafik Porositas Umur 28 hari.

Berdasarkan tabel 4. dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan limbah pecahan botol kaca kedalam beton semakin menurun nilai porositas volume pori atau rongga-rongga udara terhadap benda uji. Porositas yang di dihasilkan cukup tinggi yaitu beton normal dengan variasi 0% dengan nilai terbesar 5,6 % sedangkan nilai yang paling rendah yaitu presentase 20% sebesar 3,4% hal ini di pengaruhi ukuran butir agregat, tingkat kepadatan, banyaknya limbah pecahan botol kaca tidak menyerap air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium teknologi beton universitas Dr. Soetomo, maka penulis dapat memberikan beberapa kesimpulan mengenai pengaruh penggunaa limbah pecahan botol kaca kedalam campuran beton, sebagai berikut:

1. Penggunaan limbah pecahan botol kaca dengan variasi 0% ,10%,15% dan 20% kedalam campuran beton dapat mempengaruhi kekuatan beton, dimana beton dengan menggunakan variasi limbah pecahan botol kaca mengalami

penurunan kuat tekan beton.

Penggunaan limbah pecahan botol kaca pada campuran beton mengakibatkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan beton, dimana nilai kuat tekan pada variasi persentase 15% dengan nilai sebesar 12,54 Mpa atau meningkat 0% dari nilai kuat tekan beton normal 13,77 Mpa

Berdasarkan hasil penelitian beton dengan campuran limbah botol kaca tidak direkomendasikan karena peningkatan kuat tekan menurun seiring bertambahnya limbah pecahan botol kaca walaupun penurunan terlalu signifikan atau relatif sangat kecil.

REFERENSI

- Nasional,Badan Standarisasi."SNI 15-2049-2004 Semen Portland." Jakarta: BSN(2004).
- Hernadi,Ahmad;Sahara,Rini;Dewi,Septa Utami. *Perbandingan Kuat Tekan Kolom Berdasarkan SNI 2847:2019 Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 2021, 5.3:237-247.
- Apriwelni, Siska; Wirawan, Nugraha Bintang. *Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Memanfaatkan Fly Ash Dan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi: High Quality Concrete Compressive Strength By Using Fly Ash And Glass Powder As Filler. Jurnal Saintis*, 2020, 20.01: 61-68.
- Hunggurami, Elia; Bolla, Margareth E.; Messakh, Papy. *Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 Dan SNI 7656: 2012. Jurnal Teknik Sipil*, 2017, 6.2: 165-172.
- Solikin, Mochamad. *Pemanfaatan Abu Terbang Untuk Mengurangi Limbah Terbuang Pltu Dengan Teknologi High Volume Fly Ash (HVFA) Concrete*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014.
- Suratmin, Suratmin; Satyarno, Iman; Tjokrodinuljo, Kardiyono. *Pemanfaatan Kulit Ale- Ale Sebagai Agregat Kasar Dalam Pembuatan Beton. In: Civil Engineering Forum Teknik Sipil*. 2007. P. 530-538.
- Styaningsih, Ika, Et Al. *Pengaruh Campuran Abu Ampas Tebu Dan Flyash Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Normal. Surya Beton: Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, 2022, 6.2: 7-14.
- Randa Pratama1,Romi Suryaningrat Edwin T. 2 , Wayan Mustika1 , Sulha1kuat, *Subtitusi Agregat Halus Pada Nilai; Beton, Tekan. Pengaruh Penambahan Limbah Botol Kaca Sebagai Subtitusi Agregat Halus Pada Nilai Kuat Tekan Beton*. 2022.
- Dhestyanto, Mochamad Raffel; Setiawan, Ir Budi. *Analisis Variasi Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Limbah Pecahan Kaca Terhadap Sifat Mekanis High Strength Concrete*. 2024. Phd Thesis. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Putera, Rizky Arryan. *Pengaruh Limbah Kaca Sebagai*



- Bahan Pengganti Agregat Halus Terhadap Kekuatan Beton*. 2020. Phd Thesis. Universitas Sangga Buana Ypkp Bandung.
- Johnston, C. D. Definition And Measurement Of Flexural Toughness Parameters For Fiber Reinforced Concrete. *Cement, Concrete, And Aggregates*, 1982, 4.2: 53-60.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. *Teknologi Beton*, Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada, 1996. Mulyono, Tri. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, Yogyakarta, 2004.
- Shahab, Abdurrazak; Irlan, Ade Okviati; Nugroho, Ananto. *Kuat Tekan Dan Porositas Beton Berpori Dengan Bahan Tambah Fly Ash Dan Polyester Resin*. In: *Forum Mekanika*. 2020. P. 82-89.s