

Pemakaian Limbah Botol Kaca Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton

Aldian Septiadi¹, Lilis Zulaicha², Retnowati Setioningsih³

^{1,2,3}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman, Yogyakarta, Telp: (0274) 485390, 486986 Fax: (0274) 487249

e-mail: : *110014021@students.itny.ac.id, lilis.zulaicha@itny.ac.id, rstioningsih@itny.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi inovasi beton ramah lingkungan. Salah satunya dengan penggunaan limbah botol kaca dan tambahan sikacim concrete additive yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton pada umur 28 hari. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium dengan membuat benda uji berupa silinder. Persentase tumbukan botol kaca yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% dari berat pasir serta variasi sikacim concrete additive sebesar 0,5% dan 1% dari berat semen pada adukan beton. Benda uji berupa silinder dengan jumlah benda uji sebanyak 33 buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pada uji kuat tekan beton normal tanpa tumbukan botol kaca (BN1) dengan umur 28 hari yaitu sebesar 25,28 Mpa, untuk kuat tekan beton tumbukan botol kaca serta sikacim concrete additive yang tertinggi terdapat benda uji (2BK3) yaitu sebesar 32,67 MPa dan kuat desak beton yang terendah terdapat pada benda uji (1BK2) yaitu sebesar 24,08 MPa. Nilai modulus elastisitas maksimum umur 28 hari pada variasi tumbukan botol kaca dan sikacim concrete additive pada benda uji (2BK3) yaitu sebesar uji sebesar 27892,74 Mpa. Pada penelitian ini penggunaan tumbukan botol kaca dan bahan tambah sikacim concrete additive mendapatkan hasil yang lebih tinggi dari beton normal.

Kata kunci: Botol kaca, Sikacim Concrete Additive, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas.

Abstract

The development of environmentally friendly concrete innovation technology. One of them is the use of glass bottle waste and additional sikacim concrete additive which aims to determine how much the compressive strength of concrete and the modulus of elasticity of concrete at the age of 28 days. This research uses experimental methods in the laboratory by making the test object in the form of a cylinder. The percentage of glass bottle collisions used in this study was 1.5%, 2%, 2.5%, and 3% of the weight of sand and variations of Sikacim concrete additive were 0.5% and 1% of the weight of cement in the concrete mix. The test object is a cylinder with a total of 33 specimens. The results showed that, in the normal concrete compressive strength test without glass bottle collision (BN1) with an age of 28 days, which was 25.28 MPa, for the highest compressive strength of glass bottle collision concrete and Sikacim concrete additive there was a test object (2BK3) which was equal to 32.67 MPa and the lowest compressive strength of concrete is found in the test object (1BK2), which is 24.08 MPa. The maximum elastic modulus value of 28 days in the variation of the impact of glass bottles and sikacim concrete additive on the test object (2BK3) is 27892.74 MPa. In this study, the use of glass bottle collisions and Sikacim concrete additives got higher results than normal concrete.

Keywords : Glass bottle, Sikacim Concrete Additive, Compressive Strength, Modulus of Elasticity

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan material yang sering digunakan pada konstruksi bangunan. Salah satunya alasannya adalah kemudahan dalam pengerjaannya yang didukung dengan kekuatan yang tinggi. Selain memiliki kelebihan yang telah disebutkan, para peneliti dibidang energy juga telah memperhatikan faktor energy dalam memberikan penilaian material beton yang ramah lingkungan. Teknologi konstruksi ramah lingkungan dipercaya dapat melestarikan lingkungan global dan menjaga sumberdaya alam yang ada. Melihat dari fenomena di atas maka disini penyusun termotivasi untuk meneliti lebih dalam penggunaan limbah botol kaca sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. Kuat tekan beton juga dapat ditingkatkan dengan penambahan zat adiktif yaitu sikacim concrete additive yang kemampuannya mengurangi pemakaian semen dan mengurangi air sehingga faktor air semen yang merupakan faktor utama penentu mutu beton dapat diminimalkan sekecil mungkin, dengan hanya air yang diperlukan untuk reaksi hidrasi semen saja yang digunakan. Selain itu, sikacim concrete additive berguna untuk mendapatkan pemadatan yang merata, sehingga diharapkan pemakaian limbah botol kaca dan penambahan sikacim concrete additive dapat dioptimalkan penggunaannya dan tidak terbuang sia-sia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah dan dapat digunakan sebagai acuan. Adapun rumusan masalah tersebut antara lain :

1. Bagaimana proporsi bahan penyusun beton dengan menggunakan limbah botol kaca dan *sikacim concrete additive*?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah botol kaca dan *sikacim concrete additive* terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah botol kaca dan *sikacim concrete additive* terhadap modulus elastisitas beton pada umur 28 hari?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai kuat tekan beton dengan penggunaan limbah botol kaca sebagai substitusi agregat halus dan bahan tambah *sikacim concrete additive*.
2. Mengetahui nilai modulus elastisitas beton dengan penggunaan limbah botol kaca sebagai substitusi agregat halus dan bahan tambah *sikacim concrete additive*.

1.4 Batasan Penelitian

Pemberian batasan masalah dimaksudkan agar penelitian dapat terarah sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Peneliti membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana 25 MPa.
2. Perhitungan perencanaan campuran beton berdasarkan pada SNI 03 – 2834 – 2000, mengenai Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal dengan beberapa penyesuaian yang didasarkan pada SNI 03 – 2847 – 2019, yaitu berupa penentuan nilai tambah (m) dan kuat tekan rata – rata yang direncanakan (f_{cr}).
3. Semen yang digunakan adalah serbaguna (tipe I) dengan merek semen Tiga Roda.
4. Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Gunung Merapi dengan ukuran maksimum 5 mm.
5. Agregat kasar yaitu batu pecah yang berasal dari Gunung Merapi dengan ukuran maksimum 20 mm.
6. Air yang digunakan dari Laboratorium Bahan Struktur Teknik Sipil ITNY.
7. Bahan tambah pasir adalah tumbukan limbah botol kaca dengan variasi 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, dan 3,5% dari berat pasir dan berfungsi sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus dalam adukan beton.
8. Bahan tambahan yaitu *sikacim concrete additive* dengan kadar 0,5% dan 1% dari berat semen.

9. Beton normal pada penelitian ini adalah beton non botol kaca dan non *sikacim concrete additive*, beton non botol kaca dan *sikacim concrete additive* dengan kadar 0,5% dari berat semen, serta beton non botol kaca dan *sikacim concrete additive* dengan kadar 1% dari berat semen.
10. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Struktur Teknik Sipil ITNY.
11. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.
12. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tinjauan Pustaka

a. Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran bahan-bahan dasar air, semen, agregat halus, dan agregat kasar. Walaupun beton tampaknya mudah dibuat akan tetapi bila tidak dikerjakan atau direncanakan dengan teliti akan menghasilkan baan bangunan yang kurang baik, atau kurang kuat. Oleh karena itu cara-cara membuat beton harus dipelajari dengan baik. Pada dasarnya, beton terbuat dari 4 bahan dasar, yaitu air, semen, pasir dan kerikil. Keempat bahan dasar beton tersebut menjadi 2 kelompok yaitu:

1. Bahan perekat

Air dan semen setelah dicampur mengalami reaksi kimia menjadi pasta, dan dalam beberapa jam mulai merekat dan dalam beberapa hari mulai menjadi keras.

2. Bahan pengisi

Butir-butir pasir dan butir-butir kerikil yang saling lepas direkatkan. Butir-butir pasir mengisi rongga-rongga antara butir-butir kerikil, kemudian rongga-rongga antara butir-butir pasir diisi dengan pasta hasil reaksi air dan semen. Jadi, fungsi pasta selain merekatkan butir-butir pasir dan kerikil juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga antar butir-butir pasir agar beton tidak berongga.

b. Botol kaca

Botol kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika botol kaca merupakan zat cair yang sangat dingin, disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair namun dia sendiri berwujud padat, ini terjadi akibat proses pendinginan yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida organik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya.

c. *Sikacim concrete additive*

Sikacim concrete additive adalah bahan tambah kimia yang berfungsi meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton karena memungkinkan pengurangan kadar air untuk mempertahankan workabilitas yang sama.

d. Kuat Tekan

Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm² sampai 500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah (Anonim, 2013). Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm². Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C 39 atau menurut yang disyaratkan PBI 1989 (Anonim, 2000).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad \dots (1)$$

Keterangan : $f'c$ = kuat desak beton

P = beban maksimum

A = luas penampang benda uji

e. Modulus Elastisitas Beton

Hubungan tegangan-regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan persamaan analisis dan desain pada struktur beton. kurva hubungan tegangan- regangan diperoleh dari pengujian terhadap benda uji silinder beton selama beberapa menit. Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Anand, A, 2015)

Untuk menghitung besarnya modulus elastisitas, dapat dipergunakan formulasi sebagai berikut :

$$Ec = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \dots(2)$$

Keterangan : Ec = Modulus Elastisitas

σ = Tegangan pada saat batas sebanding

ϵ = Regangan pada saat batas sebanding

2.2 Tahapan Penelitian

a. Tahap I (Persiapan)

Pada tahap ini meliputi pengadaan alat dan bahan/material.

b. Tahap II (Uji Bahan)

Pada tahap ini dilakukan proses pengujian bahan material yang akan digunakan untuk campuran benda uji yang meliputi pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus serta mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut, selain itu juga untuk mengetahui apakah bahan tersebut dapat digunakan atau tidak. Hasil pengujian bahan ini nanti akan digunakan sebagai rancangan perhitungan *mix design* (Zulaicha, 2017).

c. Tahap III (Pembuatan Benda Uji)

Pada tahapan ini akan dilakukan pekerjaan sebagai berikut :

1. Penetapan proporsi campuran beton normal.
2. Pembuatan campuran beton normal.
3. Pemeriksaan nilai slump.
4. Pembuatan benda uji.

d. Tahap IV (Tahap Perawatan Benda Uji/Curing)

Ditahap ini benda uji yang sudah jadi selanjutnya akan dilakukan perawatan (curing). Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji kedalam bak yang berisi air dan kemudian di angkat dan dikeringkan selama 24 jam sebelum pengujian benda uji.

e. Tahap V (Tahap Pengujian Benda Uji)

Pada tahap ini benda uji yang sudah jadi akan dilakukan proses pengujian kuat tekan untuk benda uji silinder dengan diameter 15 cm tinggi 30 cm pada umur 28 hari.

f. Tahap VI (Analisis Data)

Setelah dilakukan tahap pengujian maka langkah selanjutnya adalah proses analisis data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mendapatkan hubungan variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian.

g. Tahap VII (Kesimpulan)

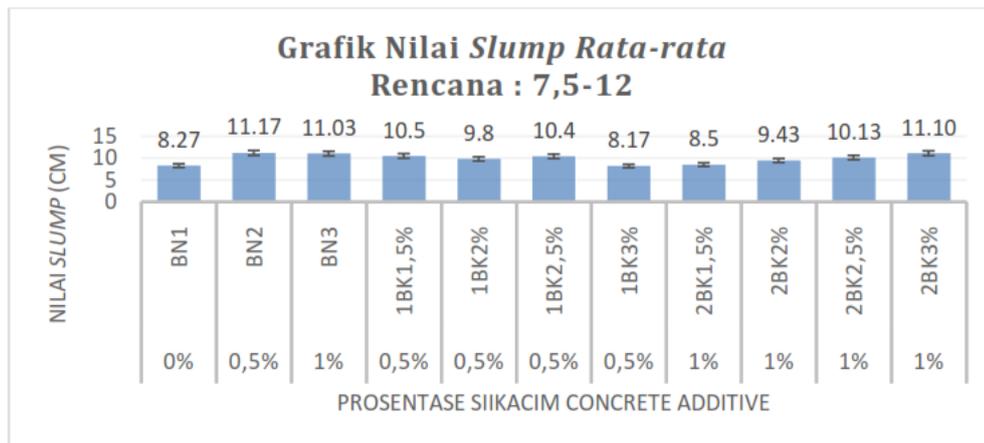
Setelah proses olah data selesai maka tahap selanjutnya yaitu membuat kesimpulan berdasarkan data yang telah dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Hasil Pengujian Slump

Tabel 1. Hasil Pengujian Slump

Kode Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> per Benda Uji (cm)			Rata-rata <i>Slump</i> (cm)
	I	II	III	
BN1	9,5	8,5	6,8	8,27
BN2	11,5	10,5	11,5	11,17
BN3	13,7	11	8,4	11,03
1BK1,5	13,5	10,5	7,5	10,5
1BK2	10,8	9,7	8,9	9,8
1BK2,5	13	10,7	7,5	10,4
1BK3	9,8	8,2	6,5	8,17
2BK1,5	9,5	9	7	8,5
2BK2	11,5	9,8	7	9,43
2BK2,5	12,5	10,4	7,6	10,13
2BK3	12,8	12	8,5	11,1



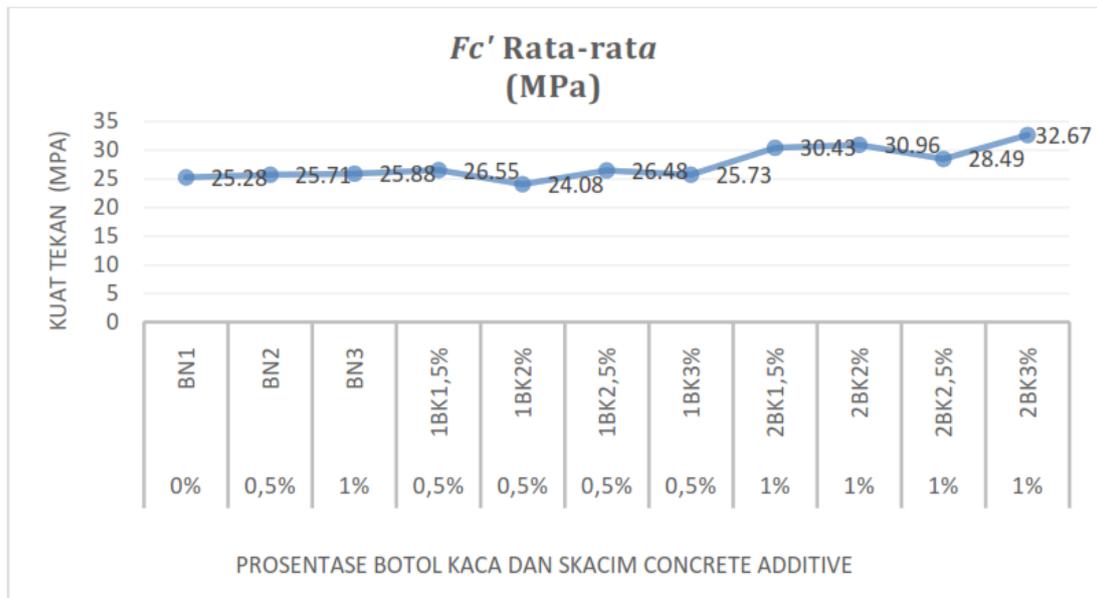
Gambar 1. Grafik Nilai *Slump* Rata-rata

3.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Luas (mm ²)	P maks (N)	Fc' (MPa)	Fc' rata-rata (MPa)
	BN1 (1)	17671,459	463440,5	26,23
BN1 (2)	17671,459	468332,7	26,50	
BN1 (3)	17671,459	409821,4	23,11	

BN2 (1)	17671,459	501704,4	28,39	25,71
BN2 (2)	17671,459	425312,1	24,07	
BN2 (3)	17671,459	435894,5	24,67	
BN3 (1)	17671,459	450180,9	25,48	25,88
BN3 (2)	17671,459	484053,7	27,39	
BN3 (3)	17671,459	437745	24,77	
1BK1,5(1)	17671,459	450386,9	25,49	26,55
1BK1,5(2)	17671,459	492003,6	27,84	
1BK1,5(3)	17671,459	464937,7	26,31	
1BK2 (1)	17671,459	439329	24,86	24,08
1BK2 (2)	17671,459	359140,2	20,32	
1BK2 (3)	17671,459	478364	27,07	
1BK2,5(1)	17671,459	497994,6	28,18	26,48
1BK2,5(2)	17671,459	457463,6	25,89	
1BK2,5(3)	17671,459	448546,4	25,38	
1BK3 (1)	17671,459	441106,	24,96	25,73
1BK3 (2)	17671,459	461452,1	26,11	
1BK3 (3)	17671,459	461338	26,11	
2BK1,5(1)	17671,459	536233,8	30,34	30,43
2BK1,5(2)	17671,459	524930,8	29,71	
2BK1,5(3)	17671,459	552060,4	31,24	
2BK2 (1)	17671,459	491166,3	27,79	30,96
2BK2 (2)	17671,459	566197,8	32,04	
2BK2 (3)	17671,459	583870,6	33,04	
2BK2,5(1)	17671,459	551789,5	31,22	28,49
2BK2,5(2)	17671,459	484040,5	27,39	
2BK2,5(3)	17671,459	474815	26,87	
2BK3 (1)	17671,459	522731,5	29,98	32,67
2BK3 (2)	17671,459	573628,1	32,46	
2BK3 (3)	17671,459	628625,5	35,57	



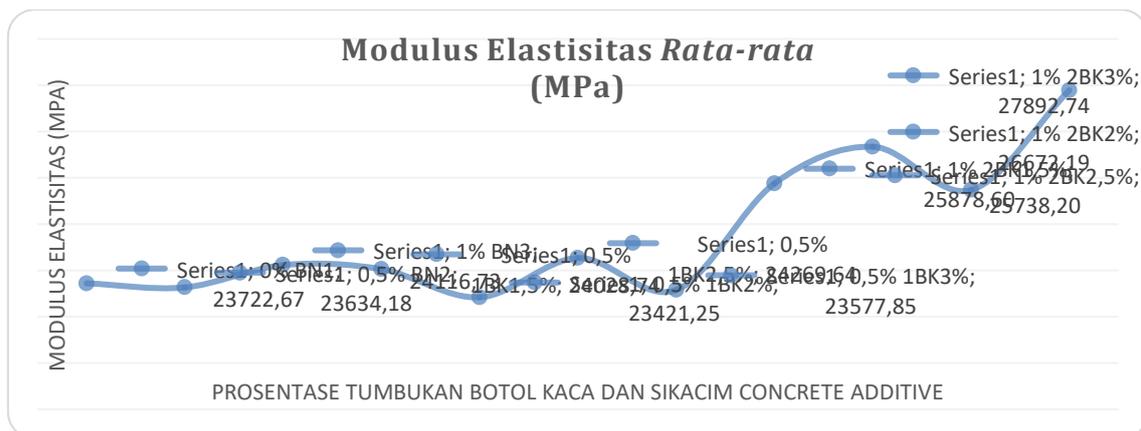
Gambar 2. Grafik F_c' Beton Rata-rata

3.3. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Tabel 3. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Kode Benda Uji	Berat beton (Kg)	Volume (m ³)	Wc (Kg/m ³)	F_c' (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rata-rata (MPa)
BN1 (1)	12,150	0,00053	2292,45	26,23	24172,31	23722,67
BN1 (2)	12,130	0,00053	2288,68	26,50	24236,44	
BN1 (3)	12,175	0,00053	2297,17	23,11	22759,26	
BN2 (1)	12,090	0,00053	2281,13	28,39	24961,85	23634,18
BN2 (2)	11,975	0,00053	2259,43	24,07	22657,19	
BN2 (3)	12,095	0,00053	2282,08	24,67	23283,49	
BN3 (1)	12,160	0,00053	2294,34	25,48	23853,64	24116,73
BN3 (2)	12,250	0,00053	2311,32	27,39	25006,61	
BN3 (3)	12,150	0,00053	2292,45	24,77	23489,95	
1BK1,5(1)	12,220	0,00053	2305,67	25,49	24035,12	24028,74
1BK1,5(2)	11,925	0,00053	2250	27,84	24214,57	
1BK1,5(3)	12,025	0,00053	2268,87	26,31	23836,51	
1BK2 (1)	12,195	0,00053	2300,94	24,86	23663,44	23421,25
1BK2 (2)	12,355	0,00053	2331,13	20,32	21816,28	
1BK2 (3)	12,225	0,00053	2306,60	27,07	24784,04	

1BK2,5(1)	12,260	0,00053	2313,20	28,18	25395,74	24269,64
1BK2,5(2)	12,175	0,00053	2297,17	25,89	24089,3	
1BK2,5(3)	11,995	0,00053	2263,21	25,38	23323,88	
1BK3 (1)	12,100	0,00053	2283,02	24,96	23434,46	23577,85
1BK3 (2)	11,995	0,00053	2263,21	26,11	23656,93	
1BK3 (3)	11,990	0,00053	2262,26	26,11	23642,14	
2BK1,5(1)	12,015	0,00053	2266,98	30,34	25565,14	25878,60
2BK1,5(2)	12,010	0,00053	2266,04	29,71	25282,53	
2BK1,5(3)	12,275	0,00053	2316,04	31,24	26788,13	
2BK2 (1)	12,300	0,00053	2320,76	27,79	25342,92	26672,19
2BK2 (2)	12,405	0,00053	2340,57	32,04	27561,07	
2BK2 (3)	12,145	0,00053	2291,51	33,04	27112,59	
2BK2,5(1)	12,135	0,00053	2289,62	31,22	26322,72	25738,20
2BK2,5(2)	12,455	0,00053	2350	27,39	25636,94	
2BK2,5(3)	12,410	0,00053	2341,51	26,87	25254,93	
2BK3 (1)	12,468	0,00053	2352,46	29,98	26863,69	27892,74
2BK3 (2)	12,540	0,00053	2366,04	32,46	28195,2	
2BK3 (3)	12,285	0,00053	2317,92	35,57	28619,32	



Gambar 3. Grafik Modulus Elastisitas Beton Rata-rata

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

1. Penggunaan tumbukan botol kaca sebagai substitusi agregat halus dengan penambahan *sikacim concrete additive* dalam adukan beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton, hal ini dapat di lihat dari hasil kuat tekan beton pada benda uji dengan variasi tumbukan botol kaca 3% dari

berat pasir serta penambahan *sikacim concrete additive* 1% dari berat semen (2BK3) menghasilkan nilai 32,67 MPa atau meningkat sebesar 29,23% dari beton normal (BN1) yang menghasilkan kuat tekan sebesar 25,28 MPa, namun pada variasi tumbukan botol kaca dengan bahan tambah *sikacim concrete additive* 0,5% tidak menunjukkan hasil yang terlalu signifikan dari beton normal. Penggunaan tumbukan botol kaca sebagai substitusi agregat halus dengan pembahan *sikacim concrete additive* sebesar 1% dari berat semen bisa di gunakan karena kuat tekan beton menunjukkan hasil yang meningkat dari beton normal.

2. Hasil pengujian nilai modulus elastisitas beton mengalami kenaikan dari beton normal seperti pada uji tekan karena nilai tertinggi berada pada benda uji variasi 3% tumbukan botol kaca dari berat pasir serta penambahan 1% *sikacim concrete additive* dari berat semen (2BK3) yaitu 27892,74MPa atau meningkat sebesar 17,58% dari modulus elastisitas beton normal (BN1) sebesar 23722,67MPa, namun pada benda uji dengan variasi 2% tumbukan botol kaca dari berat pasir dan tambahan 0,5% *sikacim concrete additive* dari berat semen mengalami penurunan yaitu 23421,25MPa atau turun sebesar 1,27% dari beton normal, hal ini terjadi karena pada proses pemadatan kurang baik yang menimbulkan krops antara agregat sehingga daya ikat antar agregat menjadi lemah.

5. SARAN

Dari Penelitian yang sudah dilakukan, peneliti memberikan beberapa saran yang dapat dilakukan guna menyempurnakan penelitian serupa yang akan dilakukan.

1. Proses pencampuran adukan beton baik yang tidak menggunakan bahan tambah maupun dengan bahan tambah sebaiknya pencampurannya menggunakan mesin pengaduk campuran (molen). Proses pencampuran dengan mesin pengaduk campuran (molen) lebih memiliki kualitas pekerjaan yang baik dibanding pencampuran manual.
2. Pemadatan beton yang dimasukkan ke dalam cetakan benda uji harus dilakukan pemadatan secara merata agar tidak terdapat rongga dan kuat tekan dan modulus elastisitas rencana terpenuhi.
3. Alat yang dipakai harus sudah bisa digunakan agar tidak terjadi kekeliruan maupun kegagalan dan operator yang mengendalikan mesin uji beton harus sudah menguasai alat pengujian tersebut.
4. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi tumbukan botol kaca yang berbeda dan memakai bahan tambah (aditif) yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan kehendak-Nya peneliti dapat menyelesaikan penelitian ini. Peneliti sadari penelitian ini tidak akan selesai tanpa doa, dukungan dan dorongan dari berbagai pihak. Adapun dalam kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu Lilis Zulaicha ST, MT Selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Retnowati Setioningsih ST, MT Selaku Dosen Pembimbing II. Kedua orang tua saya tercinta, Ibu dan Bapak, serta Keluarga yang selalu mendoakan saya, rekan-rekan seperjuangan angkatan yang tidak bisa ditulis satu persatu, terima kasih untuk semangat dan semua bantuan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000. *Badan Standarrisasi Nasional Indonesia, 03-2834-2000 Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta.
- Anonim, 2013. *Badan Standarrisasi Nasional Indonesia, 2847-2013 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta
- Anand A., 2015. *Pengaruh Penggunaan Botol Kaca Daur Ulang sebagai Alternatif Agregat Halus dengan Variasi 25%, 50%,75%, dan 100% dari Berat Pasir emanafaatan Kompos Olahan*

dari Industri Peternakan Sapi untuk Bahan Gerabah dan Keramik (GRANIK-Gerabah Organik) Proposal Inovasi Mahasiswa, Universitas Gadjah Mada.

- Granion T., 2013. *Pengaruh Penambahan Limbah Abu Vulkanik Gunung Kelud Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Variasi 10%, 20%, dan 30% dari Berat Semen Terhadap Beton Normal*, Skripsi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta.
- Suhartini A., 2014. *Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Kaca sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton dan Kuat Lentur Beton dengan Variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari Berat Pasir*, Skripsi Teknik sipil, Universitas Islam 45 Bekasi, Jakarta.
- Zulaicha, L. 2017. *Panduan Praktikum Bahan Struktur (TSS403T) Teknik Sipil*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta.