

PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATU SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BETON PADA MUTU 30 MPa

Raditya Pradhipta¹, Novi Rahmayanti², Atika Ulfah Jamal³, Astriana Hardawati⁴

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 17511166@students.uii.ac.id

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: novi.rahmayanti@uii.ac.id

³Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: atika.ulfah@uii.ac.id

⁴Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: harda.astriana@uii.ac.id

ABSTRACT

Fine aggregate or sand is a material that must be present in the process of every construction construction. Seeing that construction development in Indonesia is currently very advanced and growing. This will increase the demand for building materials on a large scale used for construction. This leads to the limitation of sand for the use of construction materials. Therefore, it is necessary to find an alternative to find a replacement for some of the sand. One alternative is the utilization of stone crushing industrial waste in the form of stone dust. In this research, concrete job mix is designed using SNI 03-2834-2000 of of 30 MPa compressive strength standard by, adding stone dusk as a substitute partial for fine aggregate and Sika Viscocrete 3115N's superplasticizer with amount of 0,4% of the cement weight. Variations in the addition of stone dusk used were 0%, 10%, 20%, and 30% of the weight of the sand. This research aims to determine the characteristics of concrete from testing the compressive strength, tensile strength, modulus elasticity, water absorption, and volume weight of concrete with cylindrical specimens and flexural strength of concrete with beam specimens. The experiment was carried out after the age of the concrete reached 28 days. Research conducted showed the highest percentage value in stone dusk by 20% with the addition of viscocrete 3115N of 0,4%. In the compressive strength test, the highest value was 33,52 MPa, the tensile strength was 2,91 MPa, and the flexural strength was 3,90 MPa. In the water absorption test, the percentage of stone dusk 30% has the highest water absorption value of 2,13%. On the volume weight, the value of the weight of the concrete volume decreases this is due to the type of weight of the stone dust is smaller than the fine aggregate so that it affects the value of the volume weight.

Keywords: *Stone Dust, Concrete Characteristics, Superplasticizer*

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dalam bidang konstruksi tidak terlepas dari penggunaan beton sebagai salah satu bagian konstruksi bangunan. Konstruksi beton lebih diminati karena relatif kuat, mudah dibentuk dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan

konstruksi yang menggunakan baja maupun kayu. Beton merupakan material yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen dan air, kadang-kadang dengan menggunakan bahan atau material tambahan (*additive*). Dalam menghasilkan sebuah konstruksi yang baik harus diikuti dengan material penyusun campuran beton yang baik

sehingga akan dihasilkan sebuah konstruksi yang kuat saat bangunan digunakan. Pemilihan dari material penyusun beton sangat mempengaruhi kualitas beton dan mendukung untuk mencapai beton dengan mutu yang baik.

Salah satunya adalah pasir yang merupakan material yang harus ada dalam proses setiap pembangunan konstruksi. Melihat pembangunan konstruksi di Indonesia saat ini sangatlah maju dan berkembang. Sehingga akan meningkatkan permintaan material bangunan secara besar-besaran digunakan untuk pembangunan konstruksi. Ardianti (2020) menyatakan bahwa dengan semakin meningkatnya permintaan material bangunan akan menyebabkan terbatasnya ketersediaan material yang diambil dari alam. Hal ini berujung pada keterbatasan pasir untuk penggunaan material konstruksi. Oleh karena itu, perlu adanya alternatif untuk mencari pengganti sebagian pasir tersebut. Salah satu alternatifnya adalah pemanfaatan limbah batuan yang berupa abu batu.

Abu batu merupakan hasil dari proses pemecahan batu pada industri batu pecah dengan menggunakan *stone crusher* menghasilkan berupa butiran halus sehingga tergolong limbah batuan yang dapat digunakan untuk kombinasi pada campuran beton. Abu batu juga memiliki tekstur yang tajam sehingga dapat membuat ikatan yang cukup kuat. Agregat halus yang dihasilkan dari lokasi *stone crusher* mengandung kurang lebih 17% sampai 25% fraksi abu batu, sehingga abu batu memiliki volume produksi yang cukup potensial untuk dimanfaatkan lebih lanjut penggunaannya (Celik & Marar, 1996). Namun, penambahan abu batu pada campuran beton akan menyebabkan workabilitas pada beton segar menurun. Menurut (Tjokrodinuljo, 2007) beton segar yang dibuat akan menjadi tidak mudah dikerjakan atau kental sehingga untuk menjaga kelecakan adukan beton diperlukan bahan tambah kimia berupa *superplasticizer*.

Superplasticizer merupakan bahan tambah kimia yang memiliki sifat *high range water reduce*

admixture yang dapat meningkatkan kelecakan campuran beton.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui pengaruh abu batu serta mengetahui persentase dari penggunaan limbah abu batu sebagai bahan substitusi parsial agregat halus dengan *superplasticizer* 0% dan 0,4% pada karakteristik beton normal dengan mutu 30 MPa.

Dari hasil penelitian yang didapatkan pada penelitian sebelumnya yaitu Jordy Harjono (2017) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh abu batu sebagai substitusi agregat halus terhadap sifat mekanik beton. Hasil penelitian diperoleh persentase tertinggi penggunaan abu batu sebesar 40% dengan mengalami kenaikan kekuatan beton.

Muhammad Iqbal (2017) melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui penambahan *superplasticizer viscocrete 3115N* terhadap kuat tekan *self compacting concrete*. Hasil penelitian ini didapatkan hasil nilai kuat tekan tertinggi pada dosis 0,9% yaitu sebesar 46,32 Mpa.

Abdullah Afif (2019) melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui pengaruh abu batu sebagai substitusi agregat halus dan penambahan *superplasticizer* terhadap karakteristik beton mutu tinggi. Hasil penelitian diperoleh kuat tekan beton tertinggi pada variasi abu batu 25% dengan nilai sebesar 45,44 MPa.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI-2847-2019). Menurut (Murdock & Brook, 1999), faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas beton terdiri dari bahan – bahan, cara menakar, mencampur, dan cara pelaksanaan. Bahan-bahan ini terdiri dari kualitas dan kecepatan pengerasan semen, gradasi, kadar air, dan kebersihan agregat, kadar lumpur agregat

halus, kuantitas dari air yang digunakan, dan bahan tambah lain yang digunakan.

2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.1 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton dan dibedakan menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodinuljo, 2007).

2.2.2 Semen Portland (Pc)

Semen *portland* merupakan jenis semen yang paling umum yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan beton, karena memiliki fungsi untuk mengikat agregat kasar dan agregat halus sehingga dapat menyatu dan mengeras seperti batuan pada saat pencampuran beton. Semen juga akan berfungsi sebagai pasta jika direaksikan dengan air sehingga dalam pencampuran beton dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu dari semen dan air serta dari agregat kasar dan agregat halus. Pada penelitian ini menggunakan tipe semen *portland type I*.

2.2.3 Air

Penggunaan air dalam proses pembuatan beton juga karena mudah dikerjakan dalam pengadukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Air digunakan untuk mereaksikan semen sehingga menghasilkan pasta semen yang berfungsi untuk proses pengikatan agregat.

2.3 Bahan Tambah

2.3.1 Abu Batu

Abu batu merupakan bahan tambah yang berasal dari hasil pemecahan batu yang berupa butiran halus yang dapat digunakan untuk kombinasi campuran beton. Abu batu pada umumnya berwarna abu-abu yang terdiri dari butiran yang kasar. Kelebihan abu batu memiliki tekstur yang tajam sehingga dapat membuat ikatan yang cukup

kuat karena abu batu berasal dari proses pemecahan batu. Proporsi penggunaan abu batu pada penelitian ini dihitung dengan mengambil persentase dari total berat agregat halus sebagai substitusi parsial.

2.3.2 Superplasticizer (Viscocrete 3115N)

Superplasticizer yang digunakan adalah *Sika Viscocrete 3115N*. *Superplasticizer* jenis ini merupakan generasi ketiga dari *superplasticizer* yang diproduksi oleh PT Sika Indonesia. Fungsinya untuk mengurangi kadar air dalam jumlah besar yaitu hingga 30%, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya. Berdasarkan (Sika Indonesia) pada data produk *Viscocrete 3115N*, penggunaan *superplasticizer* pada beton plastis konvensional berada dikisaran 0,3-0,8% dari berat semen.

2.4 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton (*mix design*) dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan pada mutu beton yang direncanakan.

2.5 Berat Volume Beton

Berat volume beton didapat dari perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Berat volume beton dipengaruhi oleh berat jenis dari bahan-bahan penyusunnya, sehingga bahan penyusun yang mempunyai berat jenis yang besar maka beton yang dihasilkan mempunyai berat volume yang besar. Rumus berat volume beton menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat Volume} = \frac{\text{Berat Beton (kg)}}{\text{Volume Beton (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

2.6 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah perbandingan besarnya beban per satuan luas, yang

menyebabkan benda uji beton hancur jika dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Berdasarkan SNI 1974-2011 nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

keterangan:

f'_c = kuat tekan beton (MPa)
P = beban maksimum (N)
A = luas Penampang (mm²)

2.7 Kuat Tarik

Kuat tarik belah pada benda uji silinder beton dilakukan bertujuan untuk menentukan nilai kuat tarik/belah dari benda uji tersebut yang diperoleh dari hasil pembebanan dengan cara meletakkan benda uji secara mendatar/sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Berdasarkan SNI 03-2491-2014 nilai kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

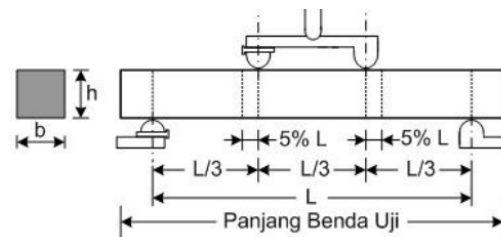
$$f_{ct} = \frac{2.P}{L.D} \quad (3)$$

keterangan:

f_{ct} = kuat tarik belah (MPa)
P = benda maksimum(N)
L = panjang benda uji (mm)
D = diameter benda uji (mm)

2.8 Kuat Lentur

Kuat lentur merupakan momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji yang menghasilkan nilai tegangan tarik. Pengujian kuat lentur pada penelitian ini dilakukan dengan pembebanan dua titik pada tengah bentang benda uji. Benda uji dibuat dengan penampang bujur sangkar dengan ukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm, dan panjang 53 cm.



Gambar 1. Sketsa Pengujian Kuat Lentur

Berdasarkan SNI 03-4431-1996 nilai kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

1. Kondisi I

Bila akibat pengujian patahnya benda uji berada didaerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik beton, maka dihitung menurut persamaan.

$$f_{lt} = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (4)$$

2. Kondisi II

Bila akibat pengujian benda uji patah diluar pusat (diluar 1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik pusat (beban) kurang dari 5% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan rumus.

$$f_{lt} = \frac{3.P.c}{b.h^2} \quad (5)$$

3. Kondisi III

Untuk benda uji akibat pengujian patah diluar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik patah dan titik pembebanan melebihi dari 5% dari bentang, maka hasil pengujian tidak dipergunakan.

keterangan:

f_{lt} = Kuat Lentur benda uji (MPa)
P = Beban maksimum mesin uji (N)
L = Panjang bentang (mm)
b = Lebar rata-rata specimen didaerah runtuh (mm)
d = Tinggi rata-rata specimen didaerah runtuh (mm)
c = Jarak rata-rata antara tampang melintang patah dan tumpuan terdekat, diukur pada empat tempat pada sisi titik dari bentang.

2.9 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu material, sehingga jika nilai modulus bahan semakin besar, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya dan semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku (SNI 2826-2008). Berdasarkan ASTM C-469 nilai modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad (6)$$

keterangan:

E_c = modulus elastisitas beton (MPa)

σ_2 = kuat tekan pada saat 40% dari beban maksimum (MPa)

σ_1 = kuat tekan pada saat regangan longitudinal mencapai $\epsilon_1 = 0,00005$ (MPa)

ϵ_2 = regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat σ_2

Modulus elastisitas beton dengan metode SNI 2847-2019 dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$E_c = W_c^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{f'_c} \quad (7)$$

atau

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (8)$$

keterangan:

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

W_c = berat isi beton (kg/m^3)

2.10 Daya Penyerapan Air

Penyerapan air merupakan persentase penyerapan air pada beton. Pada pengujian penyerapan air maka dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$W = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100\% \quad (9)$$

dengan:

W = Persentase Penyerapan air

W_w = Berat beton SSD (Kg)

W_s = Berat beton kering oven (Kg)

3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia. Benda uji yang digunakan dalam penelitian berupa beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. dan benda uji balok dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Jumlah benda uji terdiri dari 72 sampel dengan 8 macam variasi.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu agregat halus dari progo dan agregat kasar dari clereng, semen portland tipe PCC dengan merek Gresik, abu batu berasal dari Merapi dengan variasi masing-masing 0%, 10%, 20%, 30% dari agregat halus serta *superplastizer viscocrete 3115N* 0% dan 0,4% dari berat semen.

Tabel 1. Rekapitulasi Benda Uji Beton

Mutu Beton	Variasi Campuran (%)		Jumlah Benda Uji dan Jenis Pengujian				Jumlah Benda Uji (bh)
	Abu Batu	Superplasticizer	Silinder	Jenis Pengujian	Balok	Jenis Pengujian	
30 MPa	0	0	6	Kuat Tekan, Kuat Tarik, Modulus Elastisitas dan Penyerapan Air	3	Kuat Lentur	9
	10	0	6		3		9
	20	0	6		3		9
	30	0	6		3		9
	0	0,4	6	3	9		
	10	0,4	6	3	9		
	20	0,4	6	3	9		
	30	0,4	6	3	9		
Total Keseluruhan Benda Uji							72

3.3 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian dilakukan dengan mempersiapkan kebutuhan penelitian yaitu sudi pustaka, melakukan perizinan laboratorium, serta melakukan pengadaan material yang akan digunakan dalam pencampuran beton. Selanjutnya pengadaan bahan penyusun beton untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan penyusun beton tersebut sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Pengujian bahan penyusun yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, berat volume, dan kandungan lumpur.

Tahapan selanjutnya melakukan perencanaan campuran yang mengacu pada SNI 03-2834-2000. Kemudian dilakukan pembuatan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan benda uji berbentuk balok dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm. setelah itu dilakukan perawatan dengan direndam pada bak atau kolam yang terisi dengan air hingga penuh permukaan. Setelah itu dilakukan pengujian meliputi pengujian kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas, uji kuat lentur dan daya penyerapan air.

Hasil dari pengujian kemudian dilakukan analisa untuk mengetahui pengaruh abu batu serta mengetahui persentase dari penggunaan limbah abu batu sebagai bahan substitusi parsial agregat halus dengan *superplasticizer* 0% dan 0,4% pada karakteristik beton normal dengan mutu 30 MPa.

Tahapan terakhir yaitu menarik kesimpulan dari data yang sudah dianalisis dan dibuat kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Material

Hasil pengujian material dilakukan pada agregat halus, agregat kasar dan abu batu.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dari setiap material yang akan digunakan dalam proses pencampuran beton.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil	Keterangan
Berat Jenis Curah	2,43	
Berat Jenis Kering Permukaan Semu	2,605	
Berat Jenis Semu	2,736	
Penyerapan Air	2,99	%
Gradasi	III	Agak Halus
Berat Volume Padat	1,76	gram/cm ³
Berat Volume Gembur	1,41	gram/cm ³
Lolos Ayakan No. 200	0,80	%

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Keterangan
Berat Jenis Curah	2,629	
Berat Jenis Kering Permukaan Semu	2,674	
Berat Jenis Semu	2,753	
Penyerapan Air	1,71	%
Gradasi	20	maks 20 mm
Berat Volume Padat	1,436	gram/cm ³
Berat Volume Gembur	1,269	gram/cm ³

Tabel 4. Hasil Pengujian Abu Batu

Jenis Pengujian	Hasil	Keterangan
Berat Jenis Curah	2,4	
Berat Jenis Kering Permukaan Semu	2,532	
Berat Jenis Semu	2,764	
Penyerapan Air	5,49	%
Gradasi	III	Agak Halus
Berat Volume Padat	1,678	gram/cm ³
Berat Volume Gembur	1,479	gram/cm ³
Lolos Ayakan No. 200	5,30	%

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton

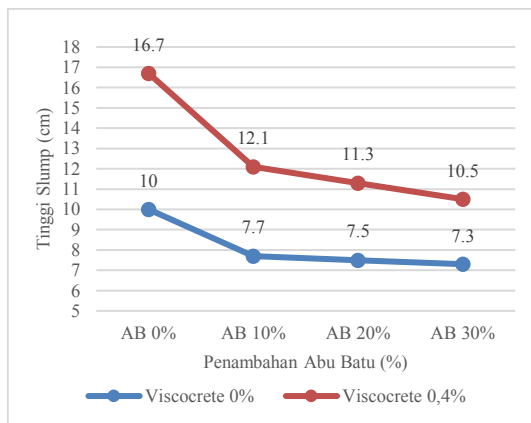
Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Digunakan f'_c sebesar 30 MPa. Pada campuran beton menggunakan standar deviasi sebesar 7 MPa yaitu tingkat pengendalian mutu pekerjaan jelek karena belum mempunyai pengalaman sebelumnya. Hasil rekapitulasi proporsi campuran beton dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 5. Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Abu batu (kg)		Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Viscocrete 3115N (kg)	
AB 0% V 0%	45,61	17,79	0	0	44,96	95,55	0%	0
AB 10% V 0%	45,61	17,79	10%	4,496	40,47	95,55	0%	0
AB 20% V 0%	45,61	17,79	20%	8,993	35,97	95,55	0%	0
AB 30% V 0%	45,61	17,79	30%	13,49	31,47	95,55	0%	0
AB 0% V 0,4%	45,61	17,79	0	0	44,96	95,55	0,4%	0,182
AB 10% V 0,4%	45,61	17,79	10%	4,496	40,47	95,55	0,4%	0,182
AB 20% V 0,4%	45,61	17,79	20%	8,993	35,97	95,55	0,4%	0,182
AB 30% V 0,4%	45,61	17,79	30%	13,49	31,47	95,55	0,4%	0,182
Jumlah	364,88	142,3	0	53,94	305,76	764,38		0,73

4.3 Hasil Pengujian Slump

Hasil pengujian slump didapatkan seluruh variasi memenuhi nilai slump rencana yaitu antara 60-180 mm.



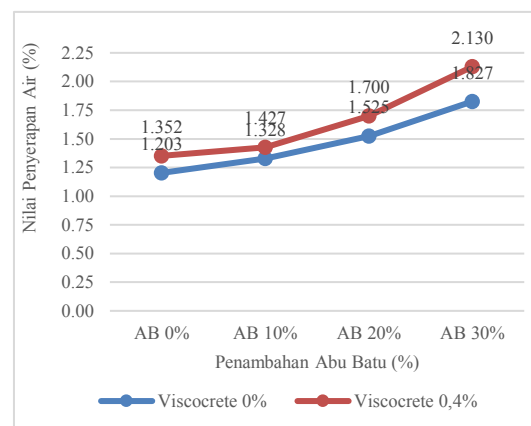
Gambar 2. Nilai Slump

Grafik pada Gambar 2. menunjukkan seiring dengan bertambahnya abu batu yang digunakan maka semakin rendah nilai slump yang dihasilkan sehingga mempengaruhi tingkat *workability*. Hal ini terjadi karena abu batu yang mempunyai tingkat penyerapan tinggi.

4.4 Hasil Pengujian Beton

4.4.1 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Pengujian ini dilaksanakan setelah benda uji silinder yang didiamkan selama 24 jam setelah proses pembuatan beton.

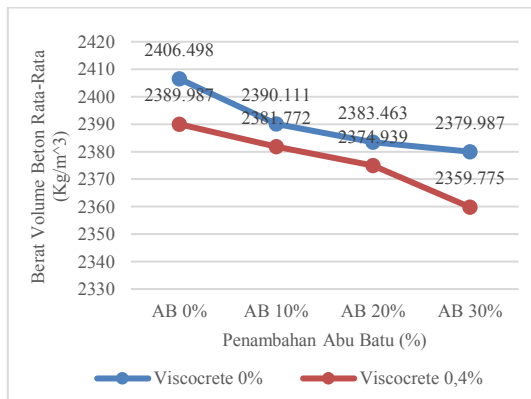


Gambar 3. Nilai Penyerapan Air

Grafik pada Gambar 3. menunjukkan penyerapan air mengalami kenaikan seiring bertambahnya abu batu, hal ini dikarenakan sifat abu batu yang memiliki daya serap terhadap air lebih tinggi sehingga ketika air lebih banyak masuk pada pori-porinya.

4.4.2 Hasil Pengujian Berat Volume

Pengujian ini dilaksanakan setelah benda uji silinder yang didiamkan selama 24 jam setelah proses pembuatan beton. Hasil pengujian dapat diperhitungkan menggunakan persamaan 1.

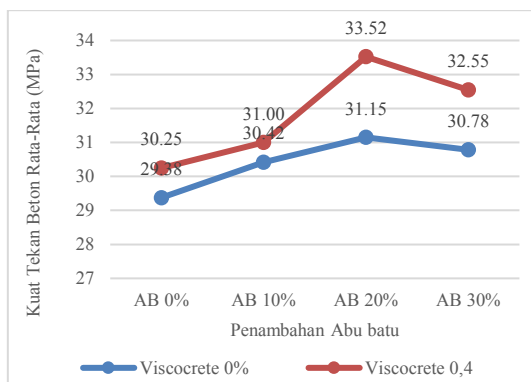


Gambar 4. Nilai Berat Volume

Grafik pada Gambar 4. menunjukkan berat volume beton semakin rendah seiring bertambahnya abu batu, hal ini dikarenakan pada berat jenis abu batu lebih ringan dari berat jenis agregat halus.

4.4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilaksanakan setelah benda uji atau beton berumur 28 hari yang bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dari pemberian beban oleh alat uji tekan. Hasil pengujian dihitung dengan menggunakan persamaan 2.



Gambar 5. Nilai Kuat Tekan

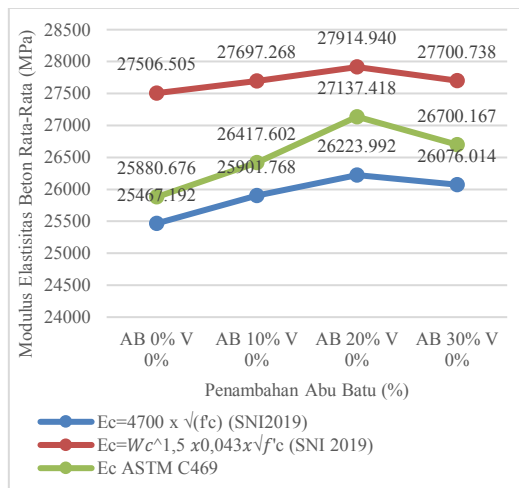
Grafik pada Gambar 5. Menunjukkan nilai kuat tekan beton rata-rata yang paling tinggi pada kombinasi AB20% V0,4% dengan persentase abu batu 20% dengan penambahan viscocrete 0,4% dari berat semen sebesar 33,52 MPa. Hal ini dikarenakan penambahan abu batu pada campuran beton mempengaruhi nilai dari

kuat tekan pada beton. Pada beton normal dengan penambahan abu batu 0% dan *superplasticizer* 0% didapatkan nilai sebesar 29,38 MPa yang ternyata tidak mencapai $f'c$ rencana sebesar 30 MPa. Hal ini dikarenakan pada saat pemadatan kurang maksimal sehingga pada campuran beton terdapat rongga-rongga udara dalam beton segar yang umumnya harus dipadatkan secara merata untuk meminimalisir rongga pada beton. Namun beton dengan persentase abu batu diatas 20% menunjukkan penurunan kekuatan. Hal ini dikarenakan abu batu memiliki penyerapan air yang lebih tinggi sehingga membuat beton kekurangan air. Penambahan abu batu akan mengurangi kadar air dalam beton, hal ini berkaitan dengan berkurang atau menurunnya nilai FAS rencana pada pencampuran beton. Hal ini dinyatakan oleh (Tjokrodimuljo, 2007) rendahnya nilai FAS akan menyebabkan kesulitan dalam proses pemadatan beton karena beton akan mengalami kekurangan air sehingga reaksi kimia yang terjadi akan menyebabkan proses pengikatan dan berlangsungnya pengerasan kurang maksimal. Dengan kata lain, pada proses campuran penambahan abu batu akan mempercepat pemadatan pada beton segar sehingga akan menurunkan *workability* pada beton.

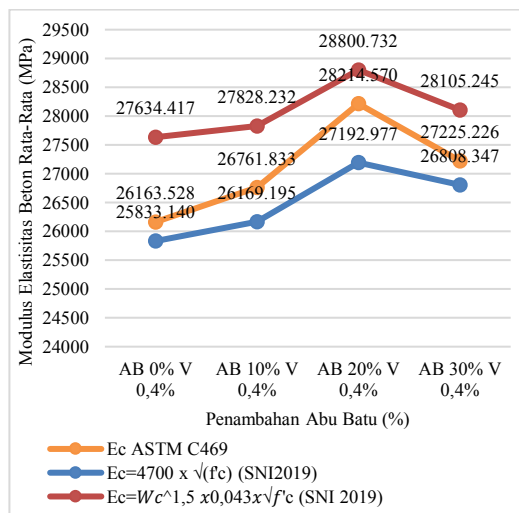
4.4.4 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton sering disebut sebagai modulus *young* yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang elastis, sehingga modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan suatu material untuk berubah bentuk dan kembali lagi ke bentuk semula bila diberi beban pada benda uji. Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan. Pembacaan dial gauge dilaksanakan seiring kelipatan beban yang diberikan hingga beban mengalami penurunan. Pengujian modulus elastisitas beton menghasilkan data berupa tegangan dan regangan aksial yang terjadi saat pengujian

dan dihitung dengan menggunakan persamaan 6, 7, dan 8.



Gambar 6. Nilai Modulus Elastisitas Beton *viscocrete 3115N 0%*



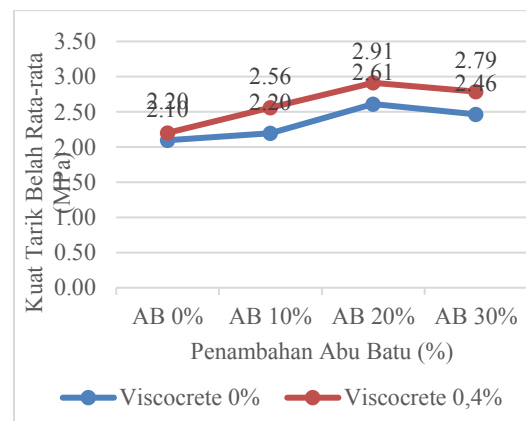
Gambar 7. Nilai Modulus Elastisitas Beton *viscocrete 3115N 0.4%*

Grafik pada Gambar 6. dan Gambar 7. pengujian modulus elastisitas yang diperoleh dari metode ASTM C-469 menunjukkan lebih kecil dari metode SNI 2847-2019, hal ini dikarenakan pengujian metode SNI untuk menghitung nilai modulus elastisitas menggunakan pendekatan empiris dari nilai kuat tekan dan berat isi beton sangat berbeda dari metode ASTM C-C469. Metode ASTM dalam memperoleh nilai modulus elastisitas didapatkan dari kondisi yang terjadi pada saat

pengujian kuat tekan beton. Pada pengujian modulus elastisitas beton dengan variasi AB20% V0,4% memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi berdasarkan metode ASTM C-469. Penambahan abu batu dengan *superplasticizer* sika *viscocrete 3115N* membuat beton semakin padat sehingga menambah nilai modulus elastisitas beton. Beton yang memiliki nilai modulus elastisitas semakin tinggi menunjukkan bahwa beton semakin daktail atau mampu melakukan deformasi inelastis bolak-balik berulang, sedangkan beton yang memiliki nilai modulus rendah menunjukkan beton semakin mudah getas. Pada persentase abu batu 30% mengalami penurunan nilai modulus dikarenakan beton kekurangan air untuk proses hidrasi akibat luas permukaan yang meningkat seiring penambahan abu batu serta peran abu batu memiliki daya serap yang tinggi terhadap air.

4.4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian ini dengan memberikan beban yang mampu diterima pada posisi beton yang diletakkan mendatar pada mesin. Hasil pengujian dihitung menggunakan persamaan 3.



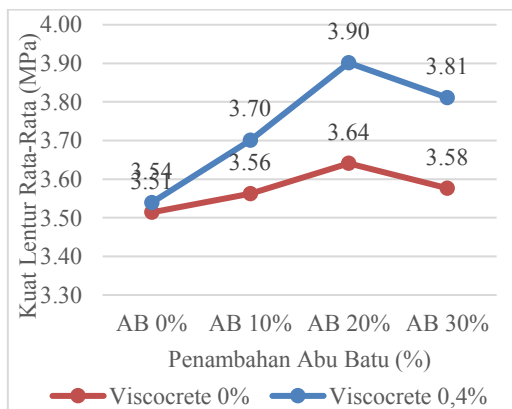
Gambar 8. Nilai Kuat Tarik Belah

Grafik pada Gambar 8. menunjukkan nilai kuat tarik belah beton rata-rata terhadap penambahan abu batu, pada variasi AB20% V0,4% memiliki nilai kuat tarik belah beton tertinggi sebesar 2,91 MPa sedangkan variasi

AB0% V0,4% memiliki nilai kuat tarik belah beton terendah sebesar 2,20 MPa. Hal ini dikarenakan abu batu membuat beton semakin padat. Pada persentase diatas 20%-30% mengalami penurunan dikarenakan banyaknya agregat kasar yang terlepas pada ikatan yang terjadi dan letak agregat kasar yang pecah tidak merata diakibatkan pemadatan yang kurang maksimal pada saat proses pembuatan beton, sehingga mempengaruhi nilai kuat tarik belah beton rata-rata yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan. Kuat tarik beton biasanya 8%-15% dari kuat tekan beton, kuat tarik menjadi suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. Pada penelitian didapatkan penggunaan abu batu dibawah 20% mengalami penurunan nilai kuat tarik jika dibandingkan dengan rasio kuat tarik seharusnya. Hal ini dikarenakan pada beton terdapatnya retak-retak pada bagian sampel disebabkan oleh kurang meratanya campuran beton saat pemadatan sehingga setiap material atau partikel yang ada didalamnya tidak menyatu secara sempurna.

4.4.6 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian ini menggunakan sistem pembebanan dua titik pada benda uji dengan memberikan beban tegak lurus sumbu secara memanjang pada benda uji hingga diperoleh beban maksimum yang mampu diterima benda uji. Hasil pengujian dihitung sesuai dengan kondisi hasil benda uji.



Gambar 9. Nilai Kuat Lentur

Grafik pada Gambar 8. menunjukkan nilai kuat lentur dengan abu batu persentase 20% memiliki nilai kuat lentur beton terbesar sebesar 3,90 MPa dan benda uji dengan abu batu persentase 0% memiliki nilai kuat lentur beton terendah sebesar 3,54 MPa. Seiring dengan pertambahannya abu batu mengalami peningkatan hingga batas penambahan 20% tetapi setelah penambahan persentase berikutnya mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan penambahan abu batu membuat balok beton menjadi tidak elastis sehingga nilai kuat lentur mengalami penurunan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan abu batu pada campuran dapat menurunkan nilai slump pada *mix design* yang direncanakan. Hal ini menunjukkan abu batu memiliki daya serap tinggi terhadap air sehingga abu batu sendiri memerlukan penambahan air. Jika diberi penambahan *superplasticizer* 0,4% dapat meningkat *workability* pada campuran beton sehingga nilai slump pada campuran beton mendapat peningkatan daripada tanpa penambahan *superplasticizer*.
2. Penambahan abu batu pada campuran dapat menurunkan nilai berat volume. Hal ini menunjukkan pada berat jenis abu batu lebih ringan dari berat jenis agregat halus dan dengan adanya sifat penyerapan yang tinggi abu batu akan lebih banyak menyerap air sehingga beton akan menjadi lebih ringan.
3. Hasil pengujian nilai slump menunjukkan bahwa penambahan persentase abu batu menurunkan *workability*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai slump beton dengan abu batu 0% *viscocrete 3115N* 0% berturut-turut sebesar 10 cm, 7,7 cm, 7,5 cm dan 7,3 cm. Penambahan *superplasticizer* 0,4% meningkatkan nilai

- slump berturut-turut sebesar 16,7 cm, 12,1 cm, 11,3 cm dan 10,3 cm.
4. Hasil pengujian penyerapan air beton menunjukkan, semakin besar persentase abu batu semakin tinggi nilai penyerapan air. Penyerapan beton dengan *superplasticizer* 0% dan *superplasticizer* 0,4% secara bersama mengalami peningkatan dengan nilai maksimal penyerapan sebesar 1,827% dan 2,13%
 5. Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan penambahan abu batu sebanyak 20% dengan *superplasticizer* 0,4% memiliki nilai paling tinggi yaitu sebesar 33,52 MPa, meningkat 9,77% dari penambahan abu batu sebanyak 0% dengan *superplasticizer* 0,4%.
 6. Hasil pengujian modulus elastisitas beton menunjukkan penambahan abu batu sebanyak 20% dengan penambahan *superplasticizer* memiliki nilai modulus elastisitas paling tinggi berdasarkan ASTM C-469 dan metode SNI 2847-2019. Sebaliknya pada abu batu 0% *superplasticizer* 0% memiliki nilai modulus elastisitas beton paling kecil.
 7. Hasil pengujian kuat tarik belah beton menunjukkan penambahan abu batu sebanyak 20% dengan *superplasticizer* 0,4% memiliki nilai paling tinggi yaitu sebesar 2,91 MPa, meningkat 24,4% dari penambahan abu batu sebanyak 0% dengan *superplasticizer* 0,4%.
 8. Hasil pengujian kuat lentur beton menunjukkan, beton dengan penambahan abu batu 20% dengan *superplasticizer* 0,4% memiliki nilai yang tinggi sebesar 3,90 MPa, meningkat 9,28% dari penambahan abu batu sebanyak 0% dengan *superplasticizer* 0,4%.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis, pembahasan serta kesimpulan, terdapat beberapa saran agar dalam penelitian selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Pada saat proses pembuatan beton sebaiknya tercampur merata dengan baik,

- pada proses penumbukan harus maksimal karena proses pemadatan kurang maksimal dapat membuat kondisi benda uji mengalami keropos sehingga dapat mempengaruhi hasil dari benda uji.
2. Penambahan *superplasticizer* tanpa mengurangi komposisi air tidak disarankan peneliti karena dapat mengurangi kualitas dari beton.
 3. Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba menggunakan interval yang lebih kecil atau dapat dicoba menggunakan variasi bahan tambah lainnya untuk memperoleh peningkatan mutu beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, A. (2019). *Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ardianti, M. (2020). *Pengaruh Variasi Bubuk Cangkang Telur dan Abu Batu sebagai Bahan Substitusi Pada Campuran Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknikm Universitas Bangka Belitung.
- Badan Standarisasi. (2000). *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 03-4431-2011)*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03-2491-2002)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder. (SNI 1974-2011)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2019)*. BSN. Jakarta.
- Celik, T., & Marar, T. (1996). *Effects of Crushed Stone Dust on Some*

- Properties of Concrete Research*
Vol.26, No.7. Pergamon.
- Harjono, J. (2017). *Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton*. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Ibrahim, M. M., & Saelan, P. (2019, September). Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu Sebagai Agregat Halus. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*.
- Ikbal, M. (2017). *Pengaruh Penambahan Superplasticizer Viscocrete 3115N Terhadap Kuat Tekan Optimum Self Compacting Concrete*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L., & Brook, K. (1999). *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- Tjokrodinuljo. (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.