

TINJAUAN KUALITAS BETON MENGGUNAKAN ABU BATU LIMBAH *STONE CRUSHER* SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS

Satriani¹, Mochamad Bastomi²

Program Studi Teknik Sipil Politeknik Kotabaru
Jalan Stagen Km. 9,5 Desa Stagen Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan Indonesia

E-mail: satriani170883@gmail.com

Abstract - The large amount of stone crusher waste encourages the author to conduct research on the quality of concrete if the waste material is used as a construction material as a partial substitution of fine aggregate. Apart from being an alternative for recycling, the use of these materials, especially for construction works near the quarry location, is also certainly cheaper. In this test it was found that the addition of stone ash (chipping) from stone crusher waste as a partial substitution of fine aggregate can reduce the compressive strength of concrete, flexural strength, tensile strength, modulus of elasticity and water density of concrete.

Keywords: Concrete, Chipping, waste, compressive strength, flexural strength, tensile strength, modulus of elasticity, water density.

Abstrak-Banyaknya jumlah limbah *stone crusher* mendorong penulis untuk melakukan penelitian mengenai kualitas beton jika material limbah tersebut digunakan sebagai bahan konstruksi yakni sebagai substitusi parsial agregat halus. Selain sebagai alternatif daur ulang, penggunaan material tersebut khususnya untuk pekerjaan-pekerjaan konstruksi di dekat lokasi quarry juga tentunya lebih murah. Pada pengujian ini diperoleh bahwa penambahan abu batu (*chipping*) limbah *stone crusher* sebagai substitusi parsial agregat halus dapat mengurangi kuat tekan beton, kuat lentur, kuat Tarik belah modulus elastisitas dan kerapatan air beton.

Kata Kunci: *Beton, Abu Batu, Limbah, Kuat Tekan, Kuat Lentur, Modulus Elastisitas, Kerapatan Air.*

I. PENDAHULUAN

Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur karena mudah dalam mendapatkan material penyusunnya. Beton sendiri terbuat dari campuran homogen dengan perbandingan tertentu yang terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta terkadang ditambahkan pula dengan bahan tambahan lainnya jika dianggap perlu.

Berbagai penelitian telah dilakukan dengan harapan akan ditemukannya alternatif teknik konstruksi yang efisien serta penyediaan bahan bangunan dalam jumlah besar dan ekonomis. Alternatif yang sedang menjadi perhatian saat ini adalah pemanfaatan limbah-limbah industri.

Abu batu merupakan limbah dari produksi batu pecah yang menggunakan mesin *stone crusher*. Abu batu ini sering digunakan sebagai filler pada campuran untuk konstruksi seperti jalan dan batako press.

Agregat merupakan salah satu komponen yang dapat membuat beton menjadi kompak. Kekuatan dan elastisitas agregat tergantung dari jenis batuan

yang dipakai. Agregat halus untuk material campuran beton di Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan, umumnya menggunakan pasir dari Desa Sungub, namun kadar lumpur dari pasir tersebut adalah 7,5% (Satriani, 2019) sehingga secara teknis pasir Desa Sungub tidak dapat langsung digunakan sebagai bahan campuran beton kecuali dilakukan pencucian terlebih dahulu.

Selain sebagai alternatif daur ulang, penggunaan material tersebut khususnya untuk pekerjaan-pekerjaan konstruksi di dekat lokasi quarry juga tentunya lebih murah.

Tinjauan kualitas beton meliputi kuat tekan beton, kuat lentur, kuat tarik belah, modulus elastisitas, dan kerapatan air beton.

II. LANDASAN TEORI

1. Agregat Halus

Agregat halus yaitu agregat yang butirannya lolos ayakan 4,75 mm. Agregat halus berfungsi

sebagai bahan pengisi pada rongga campuran beton. Ukuran agregat halus dibagi menjadi 4 zona yang dapat diketahui dari uji gradasi yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SNI 03-2834-2000

Seperti halnya agregat kasar, agregat halus juga memiliki syarat-syarat tertentu agar dapat digunakan dalam campuran beton sesuai dengan PBI-1971 adalah sebagai berikut:

- Agregat halus dapat berupa pasir alam yang diambil dari sungai atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat pecah batu.
- Butirannya harus yang tajam dan keras, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).
- Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Untuk ini bisa dilakukan percobaan warna dari Abrams-Harder dengan larutan NaOH.

2. Beton

Menurut SNI 03-2847-2013 Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi bahan pengikat (pada umumnya terdiri dari semen hidrolis dan air), agregat halus (pasir), dan agregat kasar (koral/batu pecah) dengan atau tanpa bahan tambahan.

Menurut Tjokrodilmo (2007), kekuatan beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu, kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain.

a. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 berikut.

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana, P adalah Beban tekan maksimum (kg), A adalah Luas penampang benda uji (cm^2) dan σ_b adalah Kuat tekan beton (kg/cm^2)

b. Modulus Elastisitas

Menurut SK SNI T-15-1991-03, modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Persamaan modulus elastisitas beton dapat diambil sebagai berikut.

$$E_c = (W_c) 1,5 \times 0,043 \sqrt{f_c'} \quad (2.2)$$

untuk $W_c = 1,5 - 2,5$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \quad (2.3)$$

untuk beton normal

Dimana, E_c adalah Modulus Elastisitas Beton (MPa), W_c adalah Berat jenis beton, F_c' adalah Kuat tekan beton (MPa).

c. Kuat Lentur Beton

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah. (SNI 03-4431-1997).

Menurut Ramahuddin (2016), sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin. Sesuai dengan SNI 4431:2011, untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur dihitung dengan persamaan 2.4 berikut.

$$\sigma_i = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \quad (2.4)$$

Sedangkan jika patahnya benda uji ada di luar pusat dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka dihitung dengan persamaan 2.5 berikut.

$$\sigma_i = \frac{P \cdot a}{b \cdot h^2} \quad (2.5)$$

Dimana σ_i adalah kuat lentur benda uji (MPa), P adalah beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji, L adalah jarak (bentang antara dua garis perletakan (mm), b adalah lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm), h adalah lebar tampang lintang patah arah vertical (mm), a adalah jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm).

d. Kuat Tarik Belah Beton

Beton memiliki sifat yang kuat terhadap tekan dan lemah terhadap tarik. Kekuatan tarik belah digunakan untuk mendesain elemen struktur beton

untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan untuk menentukan panjang penyaluran dari tulangan. Untuk mengetahui kuat tarik belah beton dilakukan pengujian dengan mengacu pada SNI 2491:2014. Adapun perhitungan kuat tarik belah beton ini menggunakan persamaan 2.6 berikut.

$$T = \frac{2P}{\pi \cdot l \cdot d} \quad (2.6)$$

Dimana T adalah kekuatan tarik belah (MPa), P adalah beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (N), l adalah panjang (mm) dan d adalah diameter (mm).

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantita, yang berlokasi di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Kotabaru.

Bahan yang digunakan adalah Semen Tiga Roda Type 1, pasir dari Desa Sungub, kerikil dari Desa Semisir dan abu batu dari limbah *Stone Crusher* dari Desa Sarang Tiung.

Sedangkan peralatan yang dipergunakan adalah cetakan (silinder), sendok cengkung dan sendok adukan, sendok perata, tongkat pemadat, mesin penggetar, oli, timbangan, mesin kuat tekan, mesin kuat lentur dan mesin

kuat belah.

Pengujian material yang dilakukan meliputi pengujian gradasi, kadar air dan kadar lumpur agregat halus dan abu batu

Variasi limbah abu batu dalam campuran beton untuk menggantikan agregat halus dengan perbandingan abu batu yang digunakan sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari volume agregat halus. Jumlah benda uji dengan masing-masing variasi adalah 9 buah yang akan diuji dengan 3 jenis pengujian.

Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974:2011, pengujian kuat lentur berdasarkan SNI 4431:2011, pengujian kuat tarik belah berdasarkan SNI 2491:2014. Pengujian ini akan dilaksanakan pada umur beton 28 hari.

Komposisi campuran mengacu pada JMF Satriani (2019) dengan mutu K-340 atau 28 MPa.

- a. Semen = 519,83 kg/m³
- b. Air = 218,33 Liter
- c. Agregat Halus = 809,06 kg/m³
- d. Agregat Kasar = 1265,45 kg/m³

Pengujian menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

$$\begin{aligned} \text{Volume Silinder} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 0,075^2 \times 0,3 \end{aligned}$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

Sehingga kebutuhan untuk satu sampel benda uji adalah sebagai berikut.

- a. Semen = 519,83 × 0,0053 = 2,755 Kg
- b. Pasir = 809,06 × 0,0053 = 4,288 Kg
- c. Kerikil = 1.265,45 × 0,0053 = 6,707 Kg
- d. Air = 218,33 × 0,0053 = 1,167 Kg

Adapun perbandingan pasir dan abu batu dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan Jumlah Pasir dan Abu Batu Dalam Campuran

Variasi	Jumlah Pasir (kg)	Jumlah Abu Batu (kg)
Variasi 1 (0%)	4,288	0,000
Variasi 2 (25%)	3,216	1,072
Variasi 3 (50%)	2,144	2,144
Variasi 4 (75%)	1,072	3,216
Variasi 5 (100%)	0,000	4,288

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Dari hasil pengujian agregat halus dan abu batu diperoleh hasil sebagaimana tercantum dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Pasir dan Abu Batu

Jenis Pengujian	Pasir	Abu Batu
Gradasi	Zona 2	Zona 4
Kadar Air	2,09%	4,71%
Kadar Lumpur	10,82%	9,8%

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan

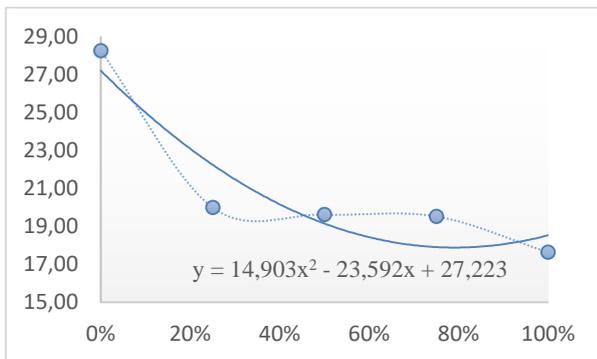
Bedasarkan hasil pengujian yang dilakukan diperoleh kuat tekan beton pada umur 28 hari, seperti yang ditabulasikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi Substitusi Abu Batu	Tekanan Pengujian	Kuat Tekan	Rata-Rata
	n	KN	
0%	505	27.63	28.27
	500	28.31	
	510	28.87	
25%	340	19.25	20.00
	350	19.82	
	370	20.95	

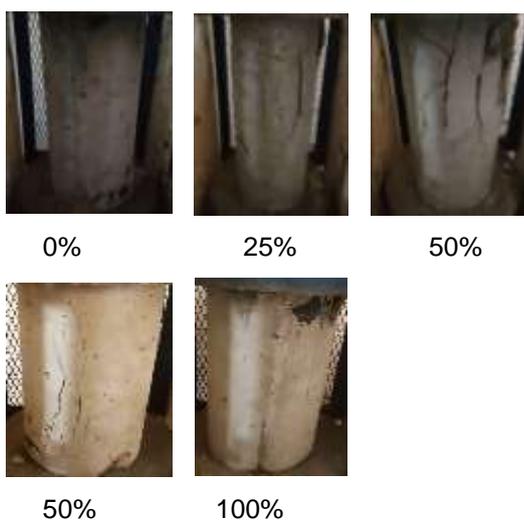
50%	350	19.82	19.63
	360	20.38	
	330	18.68	
75%	340	19.25	19.53
	338	19.14	
	357	20.21	
100%	310	17.55	17.65
	320	18.12	
	305	17.27	

Dari tabel 3 diketahui bahwa penambahan abu batu sebanyak sebagai substitusi agregat halus dapat mengurangi kuat tekan beton, dengan grafik penurunan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik Uji Kuat Tekan Benda Uji

Hasil pengujian tekan benda uji dapat dilihat pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Hasil Pengujian Uji Kuat Tekan

4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan persamaan 2.3, dan diperoleh hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas

Substitusi Benda Uji	Kuat Tekan	Modulus Elastisitas	Rata-Rata
	MPa	MPa	
0%	27.63	24704.47	24988.68
	28.31	25006.37	
	28.87	25255.19	
25%	19.25	20620.78	21017.97
	19.82	20921.83	
	20.95	21511.29	
50%	19.82	20921.83	20818.57
	20.38	21218.61	
	18.68	20315.27	
75%	19.25	20620.78	20770.28
	19.14	20560.04	
	20.21	21130.01	
100%	17.55	19690.03	19741.91
	18.12	20005.09	
	17.27	19530.60	

Dari hasil pengujian modulus elastisitas diperoleh bahwa dengan semakin besar proporsi *chipping* maka nilai modulus elastisitasnya juga semakin menurun.

5. Pengujian Kuat Lentur

Dari pengujian kuat lentur benda uji kemudian dihitung kuat lenturnya menggunakan persamaan 2.5 dan diperoleh nilai kuat lentur sebagaimana tertuang dalam Tabel 5 berikut.

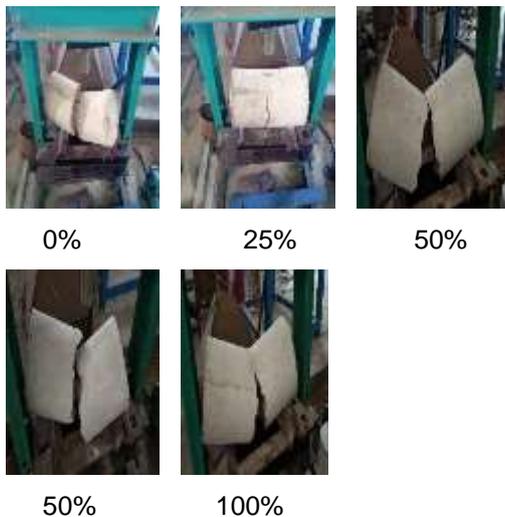
Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Substitusi Benda Uji	Tekanan Pengujian	Rata-Rata
	Mpa	
0%	3,3	3,26
	3,2	

	3,3	
25%	3,0	2,73
	2,6	
50%	2,4	2,40
	2,5	
	2,3	
75%	2,2	2,20
	2,1	
	2,3	
100%	2	2,00
	2	
	2	

Dari hasil pengujian kuat lentur diperoleh bahwa dengan semakin besar proporsi *chipping* maka nilai kuat lenturnya juga semakin menurun.

Hasil pengujian lentur benda uji dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

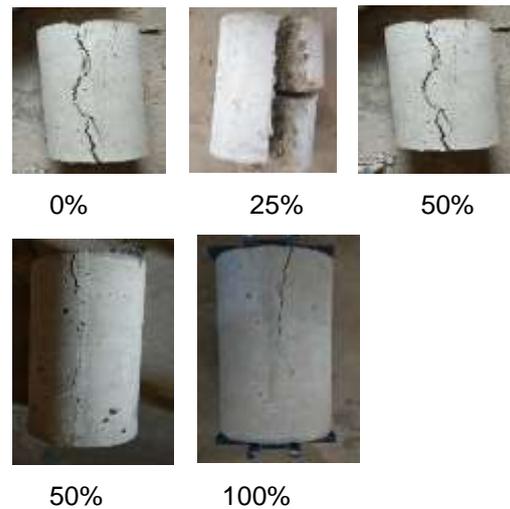


Gambar 3 Hasil Pengujian Uji Kuat Lentur

6. Pengujian Kuat Tarik Belah

Kuat Tarik belah benda uji beton dapat dihitung dengan persamaan 2.6, dan diperoleh hasil nilai sebagaimana tertuang dalam Tabel 6 berikut.

Hasil pengujian tarik belah benda uji dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Hasil Pengujian Uji Kuat Tarik Belah
Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Tarik Belah Beton

Substitusi Benda Uji	p	Tekanan Pengujian		Rata-Rata
		KN	Mpa	
0%		210	3	3
		210	3	
25%		210	3	2,8
		180	2,6	
50%		180	2,6	2,5
		170	2,4	
75%		175	2,5	2,45
		170	2,4	
100%		160	2,3	2,2
		150	2,1	

Dari hasil pengujian kuat Tarik belah diperoleh bahwa dengan semakin besar proporsi *chipping* maka nilai kuat Tarik belahnya juga semakin menurun.

7. Pengujian Daya Serap Air

Penelitian tentang daya serap air perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan abu batu terhadap kerapatan air beton. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7 Hasil Pengujian Daya Serap Air

Substitusi Benda Uji	Penyerapan Air	Rata-Rata
	%	%
0%	0,826	0,826
	0,826	
	0,826	
25%	0,826	0,827
	0,825	
	0,825	
50%	0,830	0,825
	0,826	
	0,820	
75%	0,822	0,821
	0,815	
	0,826	
100%	0,826	0,820
	0,820	
	0,813	

Dari Tabel 7 diatas diperoleh nilai daya serap air semakin kecil seiring dengan penambahan proporsi *chipping*

III. KESIMPULAN

Banyaknya jumlah limbah *stone crusher* mendorong penulis untuk melakukan penelitian mengenai kualitas beton jika material limbah tersebut digunakan sebagai bahan konstruksi yakni sebagai substitusi parsial agregat halus. Selain sebagai alternatif daur ulang, penggunaan material tersebut khususnya untuk pekerjaan-pekerjaan konstruksi di dekat lokasi quarry juga tentunya lebih murah.

Pada pengujian ini diperoleh bahwa penambahan abu batu (*chipping*) limbah *stone*

crusher sebagai substitusi parsial agregat halus dapat mengurangi kuat tekan beton, kuat lentur, kuat Tarik belah modulus elastisitas dan kerapatan air beton.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih diucapkan yang sebesar-besarnya kepada seluruh civitas akademi khususnya Dosen Jurusan Teknik Sipil dan adik-adik mahasiswa Politeknik Kotabaru yang telah memberikan semangat dan bantuan tenaga demi terselenggaranya penelitian ini sampai dengan selesai.

REFERENSI

1. Nursaifudin, Ferry, (2015), "Kajian Kinerja Beton Beragregat Halus Abu Batu", Tugas Akhir, Universitas Mercu Buana, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil.
2. Hardagung, Hamung Tri., dkk, (2014), "Kajian Nilai Slump, Kuat Tekna dan Modulus Elastisitas Beton dengan Bahan Tambah Filler Abu Batu Paras", e-Jurnal Matriks Teknik Sipil Vol. 2 No. 2/Juli 2014/131.
3. Mulyono . Tri, (2004). *Teknologi Beton, Andi Offset*. Yogyakarta.
4. SNI 03-1972-2008. "Cara Uji Slump Beton".
5. SNI 4431:2011. "Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan".
6. SNI 1974:2011."Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder".
7. SNI 2491:2014. "Cara Uji Kekuatam Tarik Belah Spesimen Beton Silinder".
8. Triaswati, M.N., Didik Harijanto, dkk (2019), "Penggunaan Abu Batu Untuk Mengurangi Agregat Pasir Alami Pada Campuran Beton dengan Penambahan Zat Additive Type D", Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi (ITS), Surabaya.