

**PENGGUNAAN LIMBAH BATU MARMER DARI GUNUNG BATU
NAITAPAN KABUPATEN TIMOR TENGAH SELATAN
SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI AGREGAT
PADA CAMPURAN BETON**

Sepriulus S. Nauk (bungsunauk@yahoo.co.id)¹⁾

Elia Hunggurami²⁾

Margareth E. Bolla³⁾

ABSTRACT

The activity of marble mining at Mount Naitapan produces wastes such as powder and marble rocks. Efforts to utilize this waste as an alternative to aggregate in concrete mix. This research aims to discover the magnitude of compressive strength if aggregates in concrete that using marble waste as replacement. Specimens used is concrete cylinders. The marble waste used in three treatments of substitution they were substitution of marble powder by sand, marble rocks by the split stone, marble powder and marble rock by sand and split stone. The percentage of each substitution is 25%, 50%, 75%, 100%. The test result showed that for concrete with the substitution of marble powder by the sand and substitution of marble powder and marble rock by sand and split stone to substitute 75% increase while the compressive strength of 100% lower compressive strength. Substitution of marble rocks by the split stone had increased compressive strength

ABSTRAK

Penambangan marmer yang terjadi pada Gunung Batu Naitapan menghasilkan limbah berupa serbuk dan bongkahan marmer. Upaya untuk memanfaatkan limbah ini adalah sebagai alternatif pengganti agregat pada campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton jika agregat pada beton disubstitusikan dengan limbah marmer. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton. Limbah marmer digunakan pada 3 perlakuan substitusi yaitu serbuk marmer terhadap pasir, bongkahan marmer terhadap batu pecah dan serbuk marmer dan bongkahan marmer pada pasir dan batu pecah. Presentase pada substitusi adalah 25%, 50%, 75%, 100%. Berdasarkan hasil pengujian, untuk beton substitusi serbuk marmer terhadap pasir dan substitusi serbuk marmer dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah sampai substitusi 75%

^{*1.)} Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

^{*2,3)} Dosen Teknik Sipil FST Undana

meningkatkan kuat tekan sedangkan 100% menurunkan kuat tekan. Substitusi bongkahan marmer terhadap batu pecah meningkatkan kuat tekan.

PENDAHULUAN

Beton merupakan perpaduan antara semen, agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan yang dicampur secara merata dengan perbandingan tertentu. Dewasa ini penggunaan beton semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan karena beton memiliki kuat tekan yang besar. Selain itu, beton dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan keinginan.

Berdasarkan proporsi bahan penyusun beton, agregat menempati posisi yang paling mendominasi, mengingat bahwa agregat menempati 70% - 75% dari total volume beton. Secara umum agregat hanya berfungsi sebagai bahan pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka agregat ini pun menjadi penting. Berdasarkan ukuran butir, agregat dapat dibedakan menjadi agregat halus dan agregat kasar, dimana agregat halus adalah agregat yang butirannya lolos ayakan ukuran 4.8 mm, sedangkan agregat kasar adalah agregat yang butirannya tertahan pada ayakan ukuran 4.8 mm.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa besar kuat tekan dan tarik belah yang dicapai beton, jika agregat halus pada campuran beton tersebut disubstitusikan dengan serbuk limbah marmer, agregat kasar pada campuran beton tersebut disubstitusikan dengan bongkahan limbah marmer dan jika agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton tersebut disubstitusikan dengan serbuk limbah marmer dan bongkahan limbah marmer.

LANDASAN TEORI

SNI 03-2847-2002 memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat.

Menurut Nawy (1998) beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya. Menurut Asroni (2010) Campuran antara semen dan air akan membentuk pasta semen, yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Sedangkan agregat halus dan agregat kasar merupakan bahan agregat yang berfungsi sebagai bahan pengisi, dan sekaligus sebagai bahan yang diikat oleh pasta semen. Ikatan

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

antara pasta semen dengan agregat ini menjadi satu kesatuan yang kompak, dan akhirnya dengan berjalannya waktu akan menjadi keras serta padat yang disebut beton.

Bahan dasar pembentuk beton terdiri dari semen Portland, agregat (agregat halus dan kasar) dan air. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15 – 2049 – 2004). Agregat halus merupakan bahan pengisi yang dipakai bersama bahan pengikat dan air untuk membentuk campuran yang padat dan keras. Agregat halus yang dimaksud adalah butiran – butiran mineral keras dengan besar butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm (Tjokrodimuldjo, 2007). Agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 6 mm. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek – efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan – bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen (Nawy, 1998). Air di dalam campuran beton berfungsi untuk menghidrasi semen dan sangat menentukan *workability* dari pekerjaan semen. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan – bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan (SNI 03 -2847 - 2002).

Sumber Batu Marmer

Marmer atau batu pualam merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau malihan dari batu gamping. Pengaruh suhu dan tekanan yang dihasilkan oleh gaya endogen menyebabkan terjadi rekristalisasi pada batuan tersebut membentuk berbagai foliasi maupun non foliasi (www.tekmira.esdm.go.id). Akibat rekristalisasi struktur asal batuan membentuk tekstur baru dan keteraturan butir. Marmer Indonesia diperkirakan berumur sekitar 30 – 60 juta tahun atau berumur Kuartar hingga Tersier (id.wikipedia.org). Gunung Batu Naitapan yang terletak di Desa Tunua, Kecamatan Fatumnasi, Kabupaten Timor Tengah Selatan, merupakan salah satu sumber penghasil batu marmer di Propinsi Nusa Tenggara Timur. Penambangan batu marmer yang terjadi pada Gunung Batu Naitapan menghasilkan limbah berupa serbuk dan bongkahan –

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

bongkahan marmer yang masih dibiarkan begitu saja di sekitar daerah penambangan dan belum dimanfaatkan secara maksimal dan tepat. Kandungan kimia pada pecahan marmer mengandung 55,07% Kalsium Oksidasi (CaO) dan unsur – unsur kimia lainnya (Wihardi dkk, 2006). Hasil analisa kimia pecahan marmer dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kandungan Kimia Pecahan Marmer

No	Unsur Kimia	Kandungan (%)
1	Silikon Dioksida (SiO ₂)	0.13
2	Aluminium Dioksida (AlO ₃)	0.31
3	Feri oksida (FeO ₃)	0.04
4	Kalsium Oksida (CaO)	55.07
5	Magnesium Oksida (MgO)	0.36
6	Potash (K ₂ O)	0.01
7	Sulfur Trioksida (SO ₃)	0.08
8	(LoI)	44

Sumber : Wihardi dkk,2006

Kalsium Oksida (CaO) merupakan unsur kimia terbesar dalam kandungan marmer, yaitu sebesar 55,07% sama seperti bahan dasar penyusun semen Portland, sehingga marmer dapat berfungsi untuk menambah distribusi pengikatan dalam campuran beton.

Pengujian Mutu Beton

Kuat tekan

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Karena beton ini termasuk bahan yang sangat awet (ditinjau dari segi pemakaiannya), maka sebagai standar kuat tekan ditetapkan pada waktu beton berumur 28 hari (Asroni, 2010). Menurut PBI 1971, pada umur 28 hari kuat tekan beton telah mencapai 100%.

Kuat tekan beton yang diisyaratkan adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam *Mega Paskal* atau MPa (SNI 03 – 1974 – 1990).

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur.

Kuat tekan beton yaitu besarnya beban persatuan luas, yang dihitung dengan rumus :

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

- Dimana :
- f_c = Kuat tekan beton (N/mm²)
 - P = Beban maksimum (N)
 - A = Luas penampang benda uji (mm²)

Kuat tarik belah

Kuat tarik belah beton adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tarik belah dari silinder beton yang diletakan pada sisi panjangnya (SNI 03 – 2491 – 1991). Nilai kuat tekan dan tarik belah bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan dapat dipakai, bahwa nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya (Dipohusodo,1994 dalam Kasno,2006).

Pengujian kuat tarik belah menggunakan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakan pada arah memanjang diatas penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*, diperhitungkan sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2)$$

- Dimana :
- f_t = Kuat tarik belah (N/mm²)
 - P = Beban pada waktu belah (N)
 - L = Panjang benda uji silinder (mm)
 - D = Diameter benda uji silinder (mm)

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana
 *2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada usia beton 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Bahan Substitusi	Presentase (%)	Berat Isi (kg/m ³)	Gaya (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
Normal	0	2397,064	410	23,19	24,42
	0	2372,741	405	22,91	
	0	2384,242	480	27,15	
Serbuk marmer terhadap pasir	25	2430,626	415	23,47	24,61
	25	2431,758	420	23,76	
	25	2392,916	470	26,59	
	50	2416,296	485	27,43	26,59
	50	2394,801	510	28,85	
	50	2432,323	415	23,47	

Sumber : Hasil Penelitian, 2012

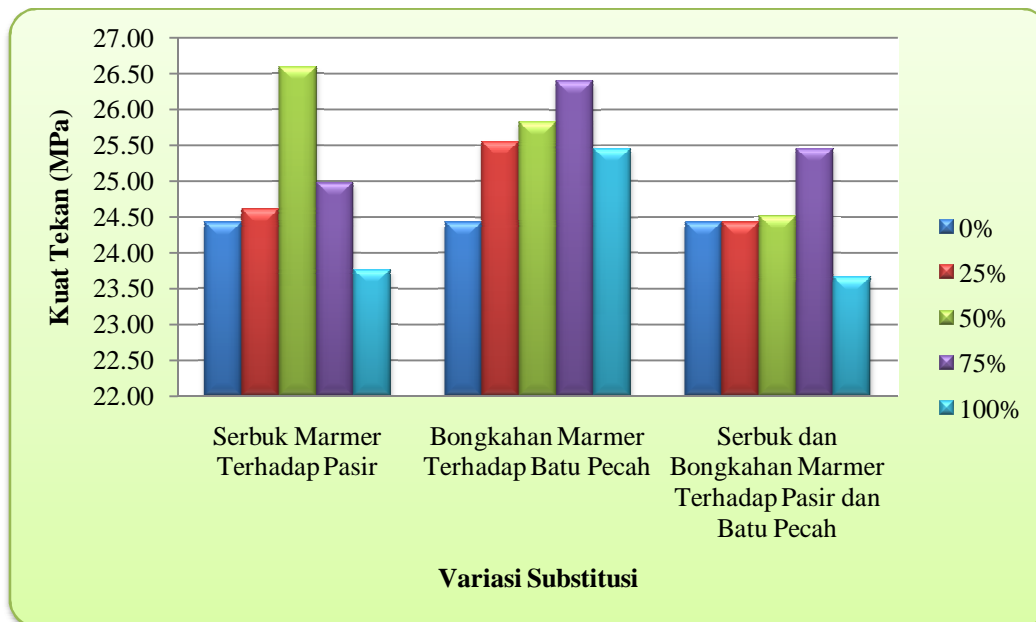
Bahan Substitusi	Presentase (%)	Berat Isi (kg/m ³)	Gaya (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
Serbuk marmer terhadap pasir	75	2406,869	435	24,61	24,98
	75	2404,983	445	25,17	
	75	2408,189	445	25,17	
	100	2432,323	415	23,47	23,76
	100	2414,222	465	26,30	
	100	2438,357	380	21,49	
Bongkahan marmer terhadap batu pecah	25	2408,754	385	21,78	25,55
	25	2403,663	535	30,26	
	25	2411,582	435	24,61	
	50	2391,596	440	24,89	25,83
	50	2361,616	520	29,41	
	50	2398,384	410	23,19	
	75	2385,185	450	25,45	26,40
	75	2395,744	420	23,76	

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

	75	2363,879	530	29,98	25,45
	100	2376,135	460	26,02	
	100	2375,758	480	27,15	
	100	2388,579	410	23,19	
Serbuk marmer dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah	25	2427,798	420	23,76	24,42
	25	2401,778	430	24,32	
	25	2400,646	445	25,17	
	50	2390,088	450	25,45	24,51
	50	2397,818	440	24,89	
	50	2379,152	410	23,19	
	75	2387,636	460	26,02	25,45
	75	2393,293	450	25,45	
	75	2394,047	440	24,89	
	100	2422,519	400	22,63	23,66
	100	2395,556	430	24,32	
	100	2403,098	425	24,04	

Sumber : Hasil Penelitian, 2012



Sumber : Hasil Penelitian, 2012

Gambar 1 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan

Dari Tabel 2 dan Gambar 1 dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan beton normal sebesar 24,42 MPa dan beton hasil substitusi (substitusi serbuk marmer terhadap pasir, substitusi bongkahan marmer terhadap batu pecah dan substitusi serbuk dan

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah) mempunyai nilai kuat tekan yang bervariasi.

Pada pengujian ini, baik substitusi serbuk marmer terhadap pasir, substitusi bongkahan marmer terhadap batu pecah maupun substitusi serbuk marmer dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah pada semua presentase substitusi masih berada dalam batasan kekuatan beton normal yaitu 15 MPa sampai 30 MPa (Tjokrodinuljo, 2007).

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada usia beton 28 hari. Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada Tabel 3.

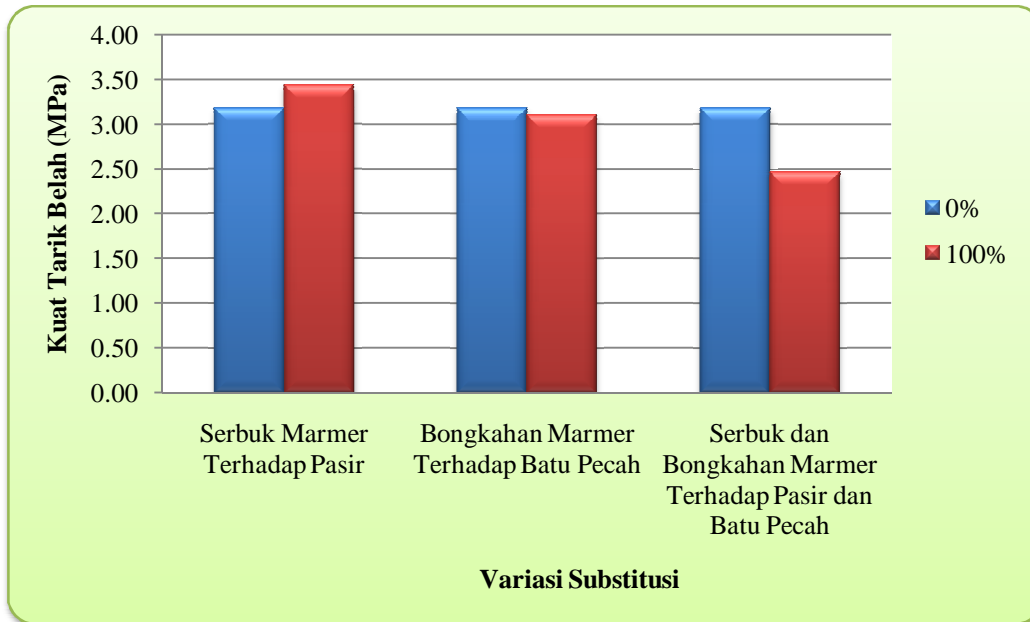
Tabel 3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Bahan Substitusi	Presentase (%)	Umur (hari)	Berat Isi (kg/m ³)	Gaya (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata – Rata (MPa)
Normal	0	28	2378,59	250	3,54	3,18
	0	28	2388,77	210	2,97	
	0	28	2402,53	215	3,04	
Serbuk marmer terhadap pasir	100	28	2461,55	240	3,39	3,44
	100	28	2442,69	260	3,68	
	100	28	2436,47	230	3,25	
Bongkahan marmer terhadap batu pecah	100	28	2394,80	240	3,39	3,11
	100	28	2402,15	200	2,83	
	100	28	2366,71	220	3,11	
Serbuk dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah	100	28	2391,22	180	2,55	2,47
	100	28	2385,94	165	2,33	
	100	28	2388,01	180	2,55	

Sumber : Hasil Penelitian, 2012

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana



Sumber : Hasil Penelitian, 2012

Gambar 2 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Dari Tabel 3 dan Gambar 2 kuat tarik belah beton tertinggi terjadi pada substitusi serbuk marmer terhadap pasir yaitu sebesar 3,44 MPa, sedangkan kuat tarik belah beton terendah terjadi pada substitusi serbuk marmer dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah.

Bila kekuatan beton hasil substitusi (serbuk marmer terhadap pasir, bongkahan marmer terhadap batu pecah, dan serbuk dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah) dibandingkan terhadap kekuatan beton normal (3,18 MPa) maka hasilnya adalah sebagai berikut, kekuatan tarik belah beton substitusi serbuk marmer terhadap pasir pada presentase 100% adalah 3,44 MPa (mengalami kenaikan kekuatan sebesar 8,15%), substitusi bongkahan marmer terhadap batu pecah pada presentase 100% adalah 3,11 MPa (mengalami penurunan kekuatan sebesar 2,22%) dan beton substitusi serbuk marmer dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah pada presentase 100% adalah 2,47 MPa (mengalami penurunan kekuatan sebesar 22,22%).

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan beton, hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel berikut :

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

Tabel 4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Rerata Beton

Bahan Substitusi	Presentase (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Hubungan	
				Rumus	Presentase
Normal	0	24,42	3,18	$f_t = \frac{1}{7,67} f'_c$	13,03% f'_c
Serbuk marmer terhadap pasir	100	23,76	3,44	$f_t = \frac{1}{6,90} f'_c$	14,48% f'_c
Bongkahan marmer terhadap batu pecah	100	25,45	3,11	$f_t = \frac{1}{8,18} f'_c$	12,22% f'_c
Serbuk dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah	100	23,66	2,47	$f_t = \frac{1}{9,56} f'_c$	10,46% f'_c

Sumber : Hasil Penelitian,2012

Dari Tabel 4, kekuatan tarik beton berada pada interval 10% - 14% terhadap kuat tekan, maka dengan demikian kuat tarik belah beton hasil pengujian masih berada dalam interval kuat tarik belah beton teoritis yaitu 9% - 15% dari kuat tekannya (Dipohusodo,1994 dalam Kasno,2006).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Substitusi serbuk marmer terhadap pasir pada variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% secara berturut – turut menghasilkan kuat tekan sebesar 24.42 MPa, 24,61 MPa, 26,59 MPa, 24,98 MPa dan 23,76 MPa. Terjadi peningkatan kekuatan tekan sebesar 0,77%, 8,88% dan 2,32% untuk variasi 25%, 50% dan 75%, sedangkan pada variasi 100% mengalami penurunan kekuatan tekan sebesar 2,70%. Kuat tarik belahnya sebesar 3,44 MPa mengalami peningkatan sebesar 8,15% dari kuat tarik belah beton normal sebesar 3,18 MPa.
- b. Substitusi bongkahan marmer terhadap batu pecah pada variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% secara berturut – turut menghasilkan kuat tekan sebesar 24,42 MPa, 25,55 MPa, 25,83 MPa, 26,40 MPa dan 25,45 MPa. Terjadi peningkatan kekuatan secara berturut – turut sebesar 4,63%, 5,75%, 8,05% dan 4,21% dari kuat tekan beton normal sebesar 24,42 MPa. Kuat tarik belahnya sebesar 3,11 MPa mengalami penurunan kekuatan sebesar 2,22% dari kuat tarik belah beton normal sebesar 3,18 MPa.

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

- c. Substitusi serbuk marmer dan bongkahan marmer terhadap pasir dan batu pecah pada variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% secara berturut – turut menghasilkan kuat tekan sebesar 24,42 MPa, 24,42 MPa, 24,51 MPa, 25,45 MPa dan 23,66 MPa. Terjadi peningkatan kekuatan tekan sebesar 0%, 0,39% dan 4,25% untuk variasi 25%, 50% dan 75%, sedangkan pada variasi 100% mengalami penurunan kekuatan tekan sebesar 3,10%. Kuat tarik belahnya sebesar 2,47 MPa mengalami penurunan sebesar 22,22% dari kuat tarik belah beton normal sebesar 3,18 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SNI 03 – 2417 – 2008)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 2008.

Anonim. (2012). *Marmer*. Februari 18, 2012.
<http://www.tekmira.esdm.go.id/marmer>

Anonim. (2012). *Marmer*. Februari 18, 2012.
<http://ml.scribd.com/Petrologi-batuan-metamorf>

Anonim. (2012). *Marmer* – Wikipedia bahasa Indonesia. Ensiklopedia Bebas. Februari 18, 2012.
<http://id.Wikipedia.org/marmer>

Anonim, *Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat (SNI 03 – 1968 – 1990)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1990.

Anonim, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 03 – 1970 – 1990)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1990.

Anonim, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 03 – 1969 – 1990)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1990.

Anonim, *Metode Pengujian Kadar Air Agregat (SNI 03 – 1971 – 1990)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1990.

Anonim, *Metode Pengujian Kadar Lumpur Bahan Pasir (SNI 13 – 6669 – 2002)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 2002.

Anonim, *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03 – 2491 – 1991)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1991.

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana

Anonim, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03 – 1974 – 1990*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1990.

Anonim, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1971.

Anonim, *Spesifikasi Bahan Bangunan A (Bahan Bangunan Bukan Logam) (SK SNI – S – 04 – 1989 – F)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1989.

Anonim, *Tata Cara Perhitungan Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder Beton (SNI 06 – 6369 – 2000)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 2000.

Anonim, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 2847 – 2000)*, Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung, 2002.

Asroni, A., *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2010.

Mulyono, T., *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2004.

Nawy, G. Edward., *Beton Bertulang*, PT Rafika Aditama, Bandung, 1998.

Nugraha, P., Antoni., *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2007.

Tjokrodinuljo, K., *Teknologi Beton*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta, 2007.

Wihardi, M. Tjaronge., Parung, Herman., Siswanto, Kenedi., Dalle, Ambo., *Pecahan Marmer Sebagai Pengganti Parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete (SCC)*, Jurnal Desain Dan Konstruksi, Vol. 5 No.1, 2006, pp, 3.

*1.) Mahasiswa Teknik Sipil FST Undana

*2,3) Dosen Teknik Sipil FST Undana