

PENGGUNAAN LIMBAH MARMER SEBAGAI FILLER TERHADAP ABSORBSI, KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAAS PADA BETON

Use of Waste As Filler On Marble Absorption, Compressive Strength and Modulus on Concrete Elastisitaas

Yunan Rusdianto¹ & Misbahul Munir²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil-Fakultas Teknik UNiversitas Muhammadiyah Malang
Kampus III, Jl. Raya Tlogomas No. 246 Telp. (0341) 464318-19 Malang 65144
Email : monel.ninety-nine@gmail.com

Abstract

Demand needs to continue to rise buildings make use of building materials also increased. In an effort to meet the needs of the building materials sometimes lead to waste. The resulting waste if not managed will certainly be a problem related to environmental aspects. One of them is the marble waste generated in the production of marble processing. In this paper, marble waste will be used as a filler material (filler) in concrete with concrete efforts to create a more solid. Marble waste that will be used is in the form of powder waste from areas Besole Besuki Tulungagung subdistrict. The amount of addition of marble waste in a row as follows: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30% of the weight of fine aggregate. with a compressive strength of 27 MPa plan. The test results show that the compressive strength of concrete experiments showed the addition of 5% to give effect to an increase in the compressive strength of concrete at 28.283 MPa, thus marble waste has a good effect as a filler (filler).

Keywords: Concrete, marble waste, filler

Abstrak

Permintaan kebutuhan terhadap bangunan yang terus meningkat membuat penggunaan bahan bangunan ikut meningkat. Dalam upaya pemenuhan kebutuhan bahan bangunan tersebut terkadang menimbulkan limbah. Limbah yang dihasilkan tersebut apabila tidak dikelola tentunya akan menjadi masalah yang berkaitan dengan aspek lingkungan. Salah satunya adalah limbah marmer yang dihasilkan pada produksi pengolahan marmer. Pada paper ini, limbah marmer akan digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada beton dengan upaya menciptakan beton yang lebih padat. Limbah marmer yang akan digunakan adalah limbah yang berupa serbuk yang berasal dari daerah besole kecamatan besuki Kabupaten Tulungagung. Besarnya penambahan limbah marmer berturut turut sebagai berikut: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat agregat halus. dengan kuat tekan rencana sebesar 27 Mpa. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa beton eksperimen menunjukkan penambahan 5% memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan pada beton sebesar 28,283 Mpa, Dengan demikian limbah marmer memiliki pengaruh yang baik sebagai bahan pengisi (*filler*).

Kata kunci: Beton, limbah marmer, *filler*

PENDAHULUAN

Pada masa sekarang perkembangan teknologi diberbagai bidang telah berkembang dengan pesat. Tak hanya dibidang ilmu pengetahuan dan informasi, dibidang konstruksi juga telah berkembang dengan pesat. Sejumlah penelitian teknologi konstruksi terus dikembangkan dengan tujuan dapat menghasilkan teknologi konstruksi yang tepat guna, mudah dalam pengerjaan, serta efisien dalam pembiayaan.

Penelitian bahan material alternatif merupakan sesuatu yang sering dijadikan obyek penelitian, sebab dengan ditemukan bahan alternatif yang tepat, maka akan dapat berpengaruh pada efisiensi biaya. Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan batu marmer tersebut menjadi masalah lingkungan, karena limbah ini bisa menjadikan air sumur berwarna putih, merusak tanaman, tanah menjadi tandus, dan jika mengalir sawah menyebabkan tanaman padi mati. Kondisi tersebut memotivasi masyarakat untuk

mengolah limbah agar tidak menjadi pencemaran. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian bagaimana pemanfaatan limbah pengolahan marmer oleh masyarakat beserta dampak yang ditimbulkan.

Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah seberapa besar nilai *absorpsi*, kuat tekan dan modulus elastisitas dari limbah marmer sebagai *filler* pada beton.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar nilai *absorpsi*, kuat tekan, dan modulus elastisitas dari limbah marmer sebagai *filler* pada beton.

Manfaat penelitian ini adalah sebagai usaha untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah marmer yang ada dengan memanfaatkan limbah marmer tersebut dan untuk mengetahui bahan-bahan tambah alternatif pada beton salah satunya dengan menggunakan limbah marmer.

Beton

Menurut Mulyono (2003), beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland semen*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*).

Prameter-prameter yang mempengaruhi kekuatan beton adalah:

- Kualitas semen
- Proporsi semen dalam campuran beton
- Kekuatan dan kebersihan agregat
- Ikatan antara pasta semen dengan agregat
- Pencampuran yang cukup dari bahan pembentuk beton
- Pemadatan beton dan perawatan

Limbah Marmer

Limbah marmer adalah Limbah yang didapat dari pengolahan batuan (blok) marmer menjadi ubin sehingga menjadi limbah marmer yang berbentuk bubuk dan mengalami tahapan-tahapan. Blok pemotongan (*block cutting*), untuk memotong blok marmer menjadi slab. Lembaran slab ini kemudian di potong pada bagian kedua ujungnya agar rata (*cross cutting*), selanjutnya slab ini dipotong/diratakan pada salah satu permukaannya sesuai ukuran yang diinginkan (*calibrating*). Hasil dari perataan permukaan ini yang masih mempunyai

lubang-lubang kecil ditutupi dengan menggunakan dempul. Untuk melicinkan permukaan yang sudah di dempul kemudian dilakukan proses poles (*polishing*). Slab yang mengkilap ini di potong-potong sesuai ukuran yang di kehendak. Akhirnya menghasilkan produk marmer di samping itu juga menghasilkan limbah cair serta limbah potongan marmer, dalam proses pengolahan marmer ini menggunakan air sebanyak ± 1000 liter/menit melalui proses sirkulasi air sehingga mengeluarkan limbah cair yang melalui saluran ke kolam, setelah mengalami pengendapan, maka air dan bubuk marmer terpisah. (ferriyal: 2005).

Absorpsi

Absorpsi atau penyerapan adalah presentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Air yang terkandung di dalam agregat akan mempengaruhi jumlah air yg diperlukan di dalam campuran (mix). Agregat yang basah akan membuat campuran lebih basah dan meningkatkan faktor air semen, dan sebaliknya agregat yang kering akan menyerap air campuran dan menurunkan kelecekan beton.

Kuat Tekan

Berdasarkan buku petunjuk praktikum Teknologi Beton Universitas Muhammadiyah Malang (2010), kekuatan tekan beton adalah beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur.

Tjokrodimulyo (1996: 59) menjelaskan bahwa "Dalam teori teknologi beton dijelaskan bahwa faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton adalah : faktor air semen dan kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat". Berdasarkan rumus diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton akan semakin tinggi bila luas penampang tekan semakin besar, dan juga faktor air semen juga sangat menentukan daripada kuat tekan. Untuk itu perlu dicari nilai faktor air semen (fas) yang optimum yang menghasilkan kuat tekan yang maksimum.

Modulus Elastisitas

Berdasarkan buku petunjuk praktikum Teknologi Beton Universitas Muhammadiyah

Malang (2010), Modulus Elastisitas atau modulus young adalah perbandingan antara tegangan dengan regangan aksial, dinyatakan dalam satuan Mpa. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan *Static Modulus of Elasticity* beton. Yang mana besarnya nilai *Static Modulus of Elasticity* dipengaruhi oleh tagangan dan ragangan dari beton.

METEDE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

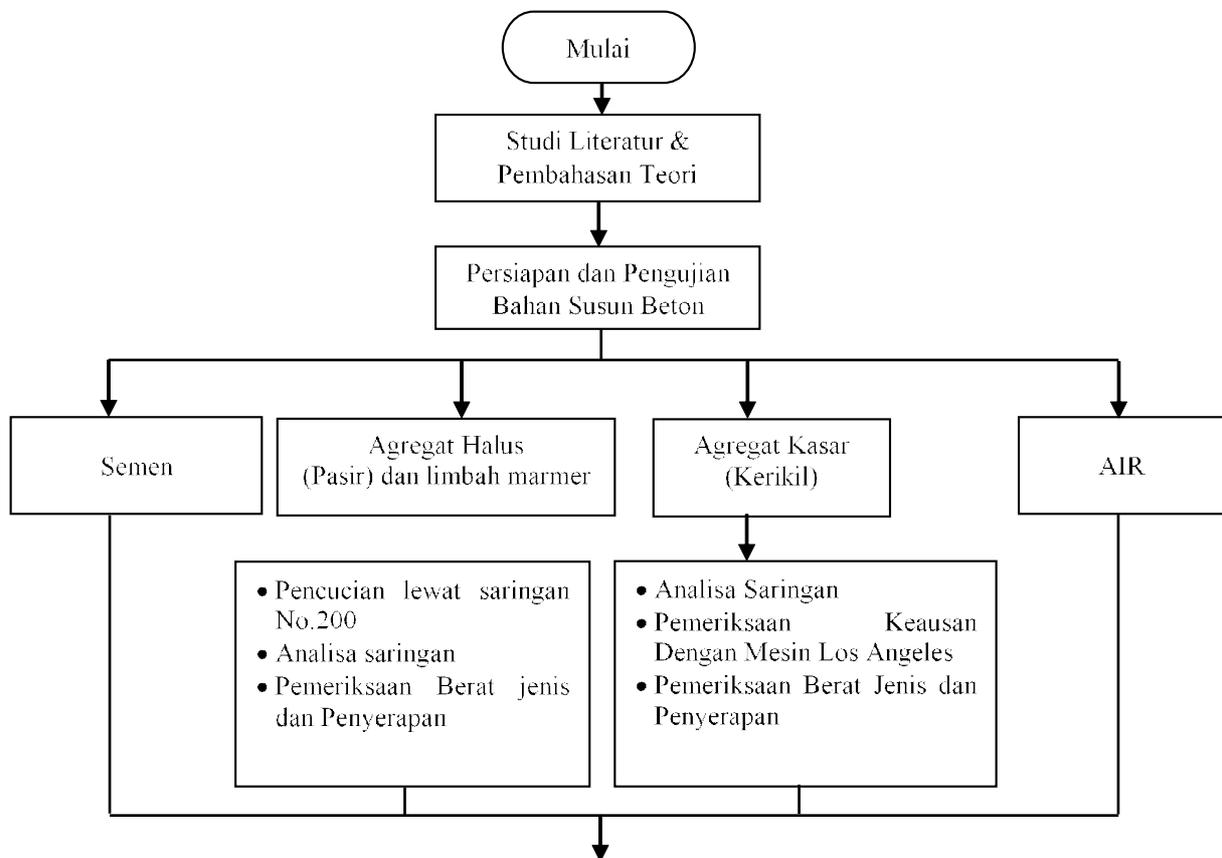
Penelitian menggunakan campuran bahan tambah beton dengan limbah marmer pada benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan dibuat variasi prosentase sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat semen yang direncanakan, masing-masing 6 benda uji sehingga total 42 buah benda uji.

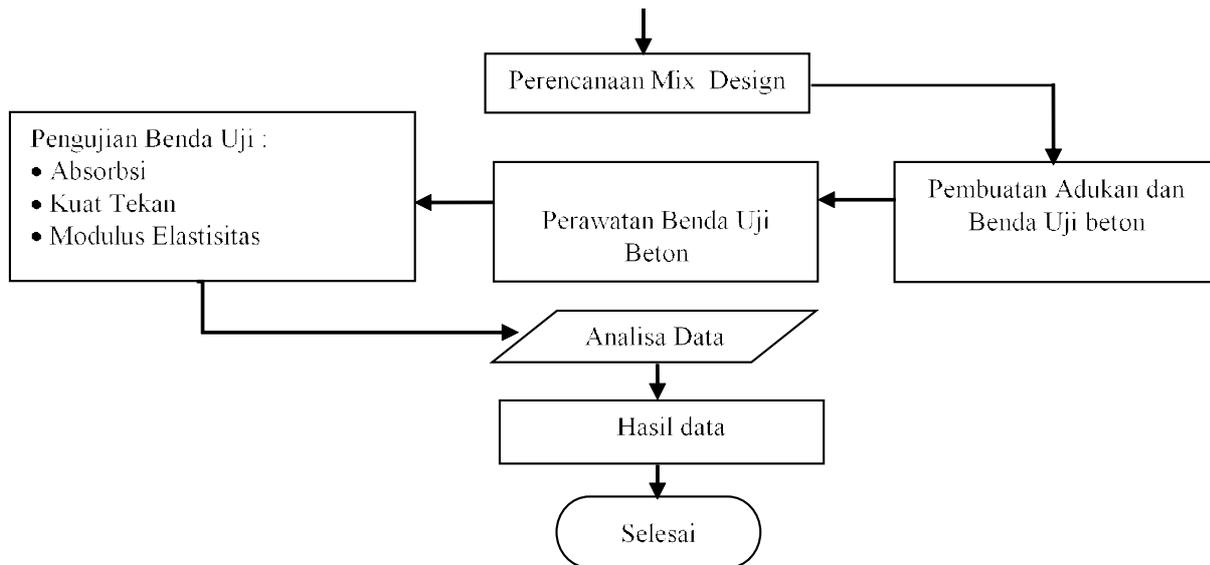
Pada penelitian ini ada 2 tahap pelaksanaan, pelaksanaan tahap ke-1 adalah pemeriksaan bahan material dan tahap ke-2 pengujian benda uji yang meliputi: Absorbsi, Kuat Tekan, dan Modulus Elastisitas.

Tabel 1. Properti benda uji

Uji Sifat Mekanis Beton	Persentase Penambahan Limbah Marmer	Bentuk Benda Uji	Jumlah
Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	0%	Silinder	3
	5%		3
	10%		3
	15%		3
	20%		3
	25%		3
Absorbsi	0%	Silinder	3
	5%		3
	10%		3
	15%		3
	20%		3
	25%		3
Jumlah Total Benda Uji			42

Diagram Alur Penelitian





Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

pabrikasi maka tidak dilakukan uji pemeriksaan bahan.

Analisa Hasil Pengujian Bahan

Agregat Halus

Semen

Agregat halus yang di uji meliputi dua material pasir dan limbah marmer. Hasil pengujian agregat halus sebagai berikut:

Semen yang di gunakan adalah semen gresik type I, karena semen sesuai dengan standar

Tabel 2. Hasil pemeriksaan pasir dan Limbah marmer

Jenis pemeriksaan	Standart	Syarat	Hasil pengujian
Pencucian lewat saringan No.200	ASTM C-117	< 5%	0.27%
Analisa saringan	ASTM C-136-46	fm = 1.5 - 3.8	Daerah gradasi II & fm = 3.8
Berat jenis pasir	ASTM C- 128-68	2.5 – 2.7 gr/cm ³	
Berat jenis limbah marmer	-	-	2.8 gr/cm ³
Penyerapan pasir (absorbsi)	ASTM C- 128-68	< 3%	1.2%
Penyerapan limbah marmer	-	-	2.7%

Sumber :Hasil penelitian di Lab. UMM

Agregat kasar

keausan dengan mesin *los angeles*, berat jenis dan penyerapan. Adapun data – datanya sebagai berikut :

Agregat kasar meliputi beberapa uji pemeriksaannya antara lain analisa saringan,

Tabel 3. Hasil pemeriksaan agregat kasar

Jenis pemeriksaan	Standart	Syarat	Hasil pengujian
Analisa saringan	ASTM C-136-46	6 - 7.1	(lampiran) & fm = 5.15
Keausan dengan mesin Los Angeles	ASTM C-131	< 40%	25.44 %
Berat jenis	ASTM C- 128-68	2.5 – 2.7 gr/cm ³	2.64 gr/cm ³
Penyerapan (absorbsi)	ASTM C- 128-68	< 3%	1.45%

Sumber :Hasil penelitian di Lab. UMM

Perencanaan Campuran Beton (Mix Design Benda Uji)

Setelah hasil pengujian bahan telah diketahui, selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton dengan menggunakan metode **SNI SK.SNI.T-15-1990-03**.

Kuat tekan beton yang direncanakan (f_c') untuk umur 28 hari adalah 22,5 MPa. Kesimpulan dari perencanaan campuran beton untuk kebutuhan dalam 1 m³ ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4. Tabel Perencanaan Campuran Beton

Volume	Air (liter)	Semen (Kg)	Ag. Halus (Kg)	Ag. Kasar (Kg)
Per 1 m ³	219	399	713	1069

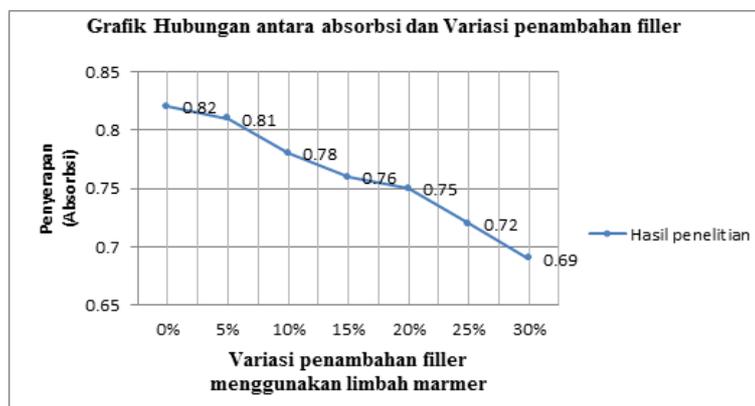
Analisa Hasil Pengujian Benda Uji

Absorpsi Beton

Tabel 5. Pengujian absorpsi beton

No	Kode Benda Uji	Variasi Penambahan	Berat Basah	Berat Kering	Absorpsi Beton	Rata Rata
1	A1	0%	12,35	12,25	0,82	
2	A2	0%	12,4	12,3	0,81	0,82
3	A3	0%	12,35	12,25	0,82	
4	B1	5%	12,35	12,25	0,82	
5	B2	5%	12,5	12,4	0,81	0,81
6	B3	5%	12,4	12,3	0,81	
7	C1	10%	12,6	12,5	0,80	
8	C2	10%	12,45	12,35	0,81	0,78
9	C3	10%	12,34	12,25	0,73	
10	D1	15%	12,39	12,3	0,73	
11	D2	15%	12,39	12,3	0,73	0,76
12	D3	15%	12,55	12,45	0,80	
13	E1	20%	12,59	12,5	0,72	
14	E2	20%	12,75	12,65	0,79	0,75
15	E3	20%	12,39	12,3	0,73	
16	G1	25%	12,5	12,4	0,81	
17	G2	25%	12,53	12,45	0,64	0,72
18	G3	25%	12,64	12,55	0,72	
19	F1	30%	12,65	12,55	0,80	
20	F2	30%	12,53	12,45	0,64	0,69
21	F3	30%	12,88	12,8	0,63	

Sumber : Hasil penelitian di Lab. UMM



Gambar 2. Hubungan antara absorpsi beton dan variasi penambahan limbah marmer sebagai filler

Pada penelitian uji penyerapan ini diketahui bahwa penambahan limbah marmer sebagai filler dengan variasi penambahan limbah marmer 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% memberikan

penurunan absorpsi beton sebesar 1.22%, 4.88%, 7.32%, 8.54%, 12.20% dan 15.85% terhadap absorpsi beton normal dengan penambahan limbah marmer 0% sebesar 0.82

Sedangkan dari pembacaan grafik absorpsi yaitu pada Grafik 4.2 dapat dilihat semakin besar penambahan limbah marmer semakin kecil absorpsinya. Nilai absorpsi kecil karena limbah marmer mempunyai pori-pori yang lebih kecil dari pada pasir.

Dari hasil penelitian uji absorpsi yang telah dilakukan bahwa dengan adanya penggunaan limbah

marmer dapat mengurangi nilai absorpsi pada beton. Beton akan menjadi lebih kedap air, karena penyerapan terhadap air sangat tergantung pada pori-pori agregat pengisinya.

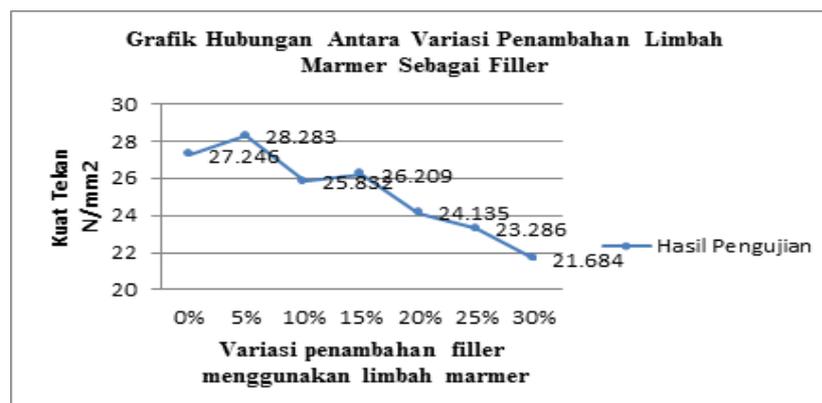
Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi penambahan adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Pengujian kuat tekan beton

No	Kode benda uji	Variasi penggantian	Beban Max (KN)	Beban (N)	Luas,A (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata Rata (N/mm ²)
1	A4	0%	510	510000	17678,57	28,848	
2	A5	0%	500	500000	17678,57	28,283	27,246
3	A6	0%	435	435000	17678,57	24,606	
4	B4	5%	510	510000	17678,57	28,848	
5	B5	5%	490	490000	17678,57	27,717	28,283
6	B6	5%	500	500000	17678,57	28,283	
7	C4	10%	500	500000	17678,57	28,283	
8	C5	10%	400	400000	17678,57	22,626	25,832
9	C6	10%	470	470000	17678,57	26,586	
10	D4	15%	440	440000	17678,57	24,889	
11	D5	15%	470	470000	17678,57	26,586	26,209
12	D6	15%	480	480000	17678,57	27,152	
13	E4	20%	430	430000	17678,57	24,323	
14	E5	20%	450	450000	17678,57	25,455	24,135
15	E6	20%	400	400000	17678,57	22,626	
16	F4	25%	420	420000	17678,57	23,758	
17	F5	25%	445	445000	17678,57	25,172	23,286
18	F6	25%	370	370000	17678,57	20,929	
19	G4	30%	410	410000	17678,57	23,192	
20	G5	30%	440	440000	17678,57	24,889	21,684
21	G6	30%	300	300000	17678,57	16,970	

Sumber :Hasil penelitian di Lab. UMM



Gambar 3. Hubungan antara kuat tekan beton dan variasi penambahan limbah marmer sebagai filler

Dari pembacaan grafik kuat tekan yaitu pada grafik 4.2 dapat dilihat dengan ditambahkan limbah marmer pada beton normal dengan kuat tekan sebesar 27.246 N/mm². mengalami kuat tekanmaksimal pada variasi penambahan 5% sebesar 28.283 N/mm², pada variasi penambahan

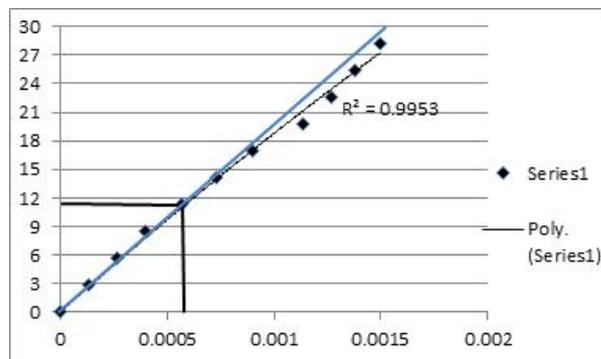
10% mengalami penurunan kuat tekan secara drastis, menjadi 25.832 N/mm², sehingga pada saat variasi penambahan 15% kuat tekan naik kembali menjadi 26.209 N/mm² dan pada saat variasi penambahan 20%, 25% dan 30% mengalami penurunan kuat tekan menjadi 24.135 N/mm², 23.286 N/mm², dan

21.684 N/mm². kuat tekan beton tidak stabil di variasi penambahan 10% pada penelitian ini bisa disebabkan oleh salah satu hal yaitu proses penumbukan yang kurang stabil selama proses pemadatan beton, karena kalau tidak dilakukan dengan baik pada tahap pengerjaan ini maka udara akan membentuk ruang kosong atau rongga udara pada beton yang bisa mengurangi kuat tekan beton.

Modulus Elastisitas Beton

Tabel 7. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal (Bahan Tambah 0%)

Tegangan rata-rata (σ) (N/mm ²)	Regangan rata-rata (ϵ) (mm/mm)
0	0
2,8283	0,00013
5,6566	0,00027
8,4848	0,00040
11,3131	0,00057
14,1414	0,00073
16,9697	0,00090
19,7980	0,00113
22,6263	0,00127
25,4545	0,00138
28,2828	0,00150



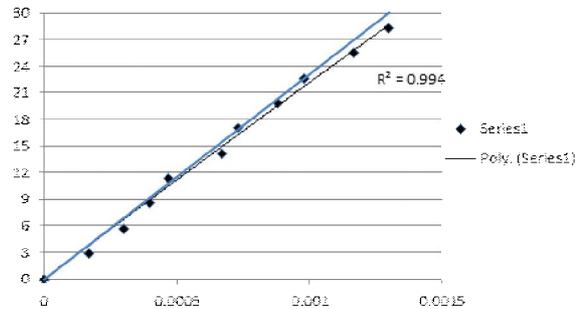
Gambar 4. Hubungan Tegangan – Regangan, Variasi 0%

Hasil nilai tegangan 40% (σ 40%) dari tegangan maksimum (σ) = 40% x 28,28 N/mm² = 11,3131 N/mm². Dari grafik diatas, didapat nilai regangan 40% = 0,00060 mm/mm. Sehingga nilai Modulus Elastisitas (E_c) = 18855,22 N/mm².

Tabel 8. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal (Bahan Tambah 5%)

Tegangan rata-rata (σ) (N/mm ²)	Regangan rata-rata (ϵ) (mm/mm)
0	0
2,8283	0,00017

5,6566	0,00030
8,4848	0,00040
11,3131	0,00047
14,1414	0,00067
16,9697	0,00073
19,7980	0,00088
22,6263	0,00098
25,4545	0,00117
28,2828	0,00130

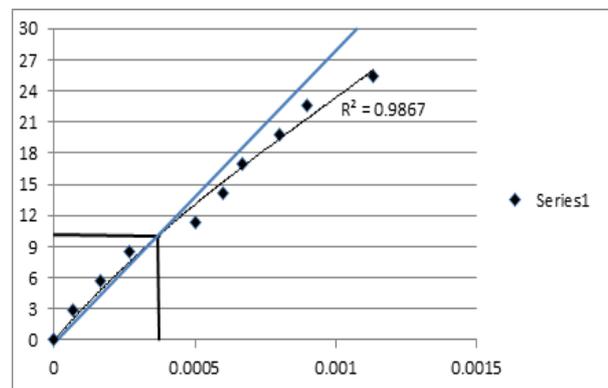


Gambar 5. Hubungan Tegangan – Regangan, Variasi 5%

Hasil nilai tegangan 40% (σ 40%) dari tegangan maksimum (σ) = 40% x 28,28 N/mm² = 11,3131 N/mm². Dari grafik diatas, didapat nilai regangan 40% = 0,00052 mm/mm. Sehingga nilai Modulus Elastisitas (E_c) = 21756,02 N/mm²

Tabel 9. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal (Bahan Tambah 10%)

Tegangan rata-rata (σ) (kg/cm ²)	Regangan rata-rata (ϵ) (mm/mm)
0	0
2,8283	0,00010
5,6566	0,00017
8,4848	0,00030
11,3131	0,00043
14,1414	0,00053
16,9697	0,00063
19,7980	0,00077
22,6263	0,00090
25,4545	0,00107

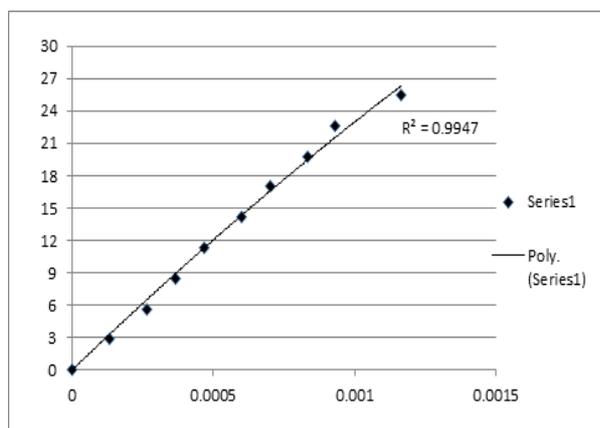


Gambar 7. Hubungan Tegangan – Regangan, Variasi 15%

Hasil nilai tegangan 40% (δ 40%) dari tegangan maksimum (δ) = 40% x 28,28 N/mm² = 10,1818 N/mm². Dari grafik diatas, didapat nilai regangan 40% = 0,00045 mm/mm. Sehingga nilai Modulus Elastisitas (E_c) = 22459,89 N/mm²

Tabel 11. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal (Bahan Tambah 20%)

Tegangan rata-rata (σ) (kg/cm ²)	Regangan rata-rata (ϵ) (mm/mm)
0	0
2,8283	0,0001
5,6566	0,0003
8,4848	0,0004
11,3131	0,0005
14,1414	0,0006
16,9697	0,0007
19,7980	0,0008
22,6263	0,0009
25,4545	0,0012

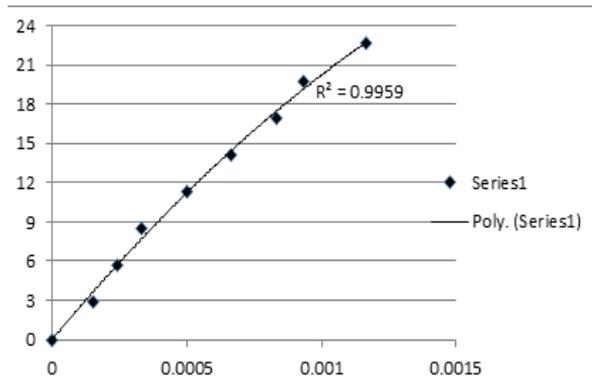


Gambar 8. Hubungan Tegangan – Regangan, Variasi 20%

Hasil nilai tegangan 40% (δ 40%) dari tegangan maksimum (δ) = 40% x 25,45 N/mm² = 10,1818 N/mm². Dari grafik diatas, didapat nilai regangan 40% = 0,00047 mm/mm. Sehingga nilai Modulus Elastisitas (E_c) = 21818,18 N/mm²

Tabel 12. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal (Bahan Tambah 25%)

Tegangan rata-rata (σ) (kg/cm ²)	Regangan rata-rata (ϵ) (mm/mm)
0	0
2,8283	0,00015
5,6566	0,00024
8,4848	0,00033
11,3131	0,00063
14,1414	0,00067
16,9697	0,00083
19,7980	0,00093
22,6263	0,00117

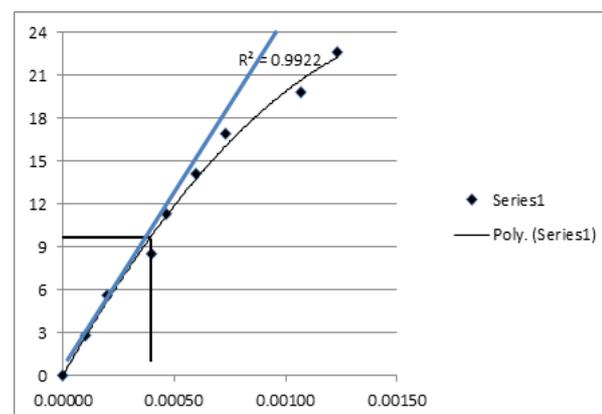


Gambar 9. Hubungan Tegangan – Regangan, Variasi 25%

Hasil nilai tegangan 40% (δ 40%) dari tegangan maksimum (δ) = 40% x 22,263 N/mm² = 9,0505 N/mm². Dari grafik diatas, didapat nilai regangan 40% = 0,00047 mm/mm. Sehingga nilai Modulus Elastisitas (E_c) = 19393,93 N/mm²

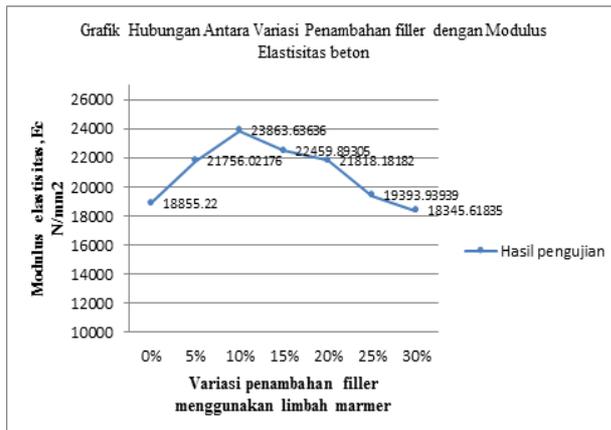
Tabel 13. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal (Bahan Tambah 30%)

Tegangan rata-rata (σ) (kg/cm ²)	Regangan rata-rata (ϵ) (mm/mm)
0	0
2,8283	0,0001
5,6566	0,0002
8,4848	0,0004
11,3131	0,0005
14,1414	0,0006
16,9697	0,0007
19,7980	0,0011
22,6263	0,0012



Gambar 10. Hubungan Tegangan – Regangan, Variasi 30%

Hasil nilai tegangan 40% (δ 40%) dari tegangan maksimum (δ) = 40% x 22,263 N/mm² = 9,0505 N/mm². Dari grafik diatas, didapat nilai regangan 40% = 0,00048 mm/mm. Sehingga nilai Modulus Elastisitas (E_c) = 18345,62 N/mm²



Gambar 11. Hubungan Antara Variasi penambahan limbah marmer dengan Modulus Elastisitas beton.

Dari hasil penelitian modulus elastisitas, pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa beton dengan limbah marmer mempunyai modulus elastisitas yang lebih besar daripada modulus elastisitas beton normal, tapi hanya pada persentase 30% nilai modulusnya tidak lebih besar dari nilai modulus elastisitas normal. Dari hasil pengujian modulus elastisitas beton menunjukkan bahwa adanya pengaruh dari besarnya persentase yang ditambahkan pada campuran beton, dapat dilihat bahwa mulai dari persentase 15% mengalami penurunan modulus elastisitas walaupun jarak nilai modulus elastisitas antar variasi tidak terlalu besar. Nilai modulus elastisitas tergantung pada besarnya regangan yang terjadi, sedangkan regangan sangat tergantung pada lendutan yang terjadi. Besarnya lendutan dipengaruhi oleh kekuatan material pembentuk beton yang salah satunya adalah agregat penyusunnya. Pada penelitian ini nilai modulus elastisitas terbesar terdapat pada beton dengan bahan tambah 10% sebesar $E_c = 23863,63 \text{ N/mm}^2$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Absorpsi beton pada umur 28 hari menunjukkan bahwa semakin besar penambahan limbah marmer maka semakin rendah nilai absorpsinya.
- Dengan adanya penambahan limbah marmer pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton, terlihat pada penambahan limbah marmer dalam beton normal dan mencapai nilai maksimum pada persentase penambahan 5% dari beton normal sebesar 28,283 Mpa.

Kemudian untuk persentase 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dapat dilihat bahwa terjadinya penurunan kuat tekan maksimum yaitu sebesar 21,68 Mpa.

- Hasil pengujian modulus elastisitas, dapat dilihat bahwa beton dengan limbah marmer mempunyai modulus elastisitas yang lebih besar daripada modulus elastisitas beton normal, tapi hanya pada persentase 30% nilai modulusnya tidak lebih besar dari nilai modulus elastisitas normal. Sehingga hasil modulus elastisitas beton menunjukkan bahwa adanya pengaruh dari besarnya persentase yang ditambahkan pada campuran beton, mulai dari persentase 15% mengalami penurunan modulus elastisitas.

Saran

- Dalam penelitian lebih lanjut disarankan untuk penelitian kembali menggunakan limbah marmer sebagai bahan penambah untuk pembuatan mortar, batako supaya lebih kedap air dan bertambah kekuatannya.
- Dalam penelitian lebih lanjut diharapkan lebih teliti dalam proses pembuatan beton supaya tidak mengalami ketidak stabilan kuat tekan.
- Perlunya penambahan benda uji untuk setiap variasi agar mendapatkan hasil yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Septiono Pranoto, 2014, *Pengaruh Penggantian Pasir Dengan Limbah Pembakaran Batu Bara Pada Beton Terhadap Berat Jenis, Absorpsi, Kuat Tekan, Dan Modulus Elastisitas Beton*. Tugas Akhir Sarjana Universitas Muhammadiyah Malang.
- Andrea Tectona, 2012, *Pengaruh Limbah Keramik Sebagai Agregat Kasar Pada Beton Ringan (Non-Pasir) Terhadap Berat Jenis, Porositas, Kuat Tekan, Dan Modulus Elastisitas*. Tugas Akhir Sarjana Universitas Muhammadiyah Malang.
- Elly Septiarina, 2011, *Pengaruh penggunaan agregat buatan limbah plastik jenis high density polyethylene (HDPE)*

- terhadap ketahanan asam beton ringan.*
Tugas Akhir Sarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ferriyal, 2005, *Pemanfaatan bubuk marmer hasil olahan industri batu marmer untuk bahan campuran pembuatan paving block sebagai upaya meminimalisasi limbah.*
- Mulyono T, 2004, "Teknologi Beton". Andi Offset, Yogyakarta.
- Nurstiyani, Sika, 2010, *Pemanfaatan Limbah Pengolahan Marmer Sebagai Upaya Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat dan Mengurangi Dampak Pencemaran Lingkungan (studikusus di Desa Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung).*
- Sri utami, 2010, *Pemanfaatan limbah marmer untuk pembuatan paving stone*
- Tjokrodimulyo Kardiyono, 1992, *Pengetahuan Dasar Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Triono Budi Astanto, 2001. *Konstruksi Beton Bertulang.*