

ANALISIS PERFORMA BETON NORMAL DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH BATU MARMER TERHADAP SUBSTITUSI PASIR.

Fajar Mahesa Adhyaksa¹, Agus Sugiarto², Akhmad Suryadi³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, ^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹fajaradhyaksa@gmail.com, ²agussugiarto1030@gmail.com, ³akhmadsuryadi1@gmail.com

ABSTRAK

Batu marmer merupakan salah satu hasil tambang yang terkenal dari Kabupaten Tulungagung dan memiliki jumlah yang cukup besar. Hal ini membuat batu marmer menghasilkan limbah cukup banyak dan mencemari lingkungan. Maka, perlu dilakukan proses pengolahan limbah untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan menjadikannya substitusi pasir pada beton normal. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari substitusi limbah batu marmer terhadap nilai kuat tekan, pada variasi 0%; 10%; 20%; 30%; & 40%. Perencanaan campuran beton normal menggunakan SNI 03-2834-2000 dengan mutu 20 MPa. Kemudian, untuk mengetahui pengaruh terhadap kuat tekan menggunakan uji Anova. Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai kuat tekan rata-rata terbesar pada umur 28 hari adalah variasi 40% sebesar 54,07 MPa dan yang terkecil variasi 10% sebesar 19,29 MPa dan kuat tekan yang memenuhi nilai margin dari perencanaan campuran adalah variasi 0% sebesar 24,37 MPa; 30% sebesar 25,82 MPa; & 40% sebesar 42,07 MPa. Berdasarkan hasil uji Anova tidak dapat dilakukan. Karena, terdapat data yang tidak berdistribusi normal. Sehingga, menggunakan uji alternatif yaitu; Kruskal Wallis. Pada pengujian ini diperoleh hasil bahwa nilai Signifikansi sebesar 0,00 dan kurang dari 0,05. Sehingga, limbah batu marmer mempengaruhi kuat tekan beton.

Kata kunci : limbah batu marmer; substitusi pasir; beton normal; kuat tekan; uji anova.

ABSTRACT

Marble stones are one of the famous mining products in Tulungagung Regency and have quite a large amount. This matter makes the marble stones produce quite a lot of waste and pollutes the environment. That, necessary wastes treatment process to reduce environmental pollution by making sands substitution in normal concrete. This research aims to know the effect of substitution marble stones to value of compressive strength and split tensile strength at variations of 0%, 10%, 20%, 30% & 40% and calculate the number of costs needed with the purpose to obtain more economical cost. The mix design of normal concrete use SNI 03-2834-2000 with quality 20 MPa. Then, to know the effect of compressive strength use the Anova test. Based on the result obtained the biggest average compressive strength in 28 days is variation 40% amount 54,07 MPa and the smallest is variation 10% amount 19,29 MPa and compressive strength which fulfills margin value from mix design is variation 0% amount 24,37 MPa; 30% amount 25,82 MPa; & 40% amount 42,07 MPa. Based on the result Anova test couldn't be done. Because existing data that aren't distributed normally. So that, using an alternative test that is; Kruskal Wallis. This test obtained the result that the Significance value amount 0,00 and less than 0,05. So that, marble stone wastes affect compressive strength concrete.

Keywords : mable stone wastes; sand substitution; normal concrete; compressive strength; anova test

1. PENDAHULUAN

Menurut Amal, A. S., & Saputra, W. (2019). Dalam sekali produksi volume limbah marmer pada satu industri diperkirakan mencapai 5-10% dari volume pemotongan batu marmer. Apabila perharinya satu industri memotong batu

marmer sebanyak 1000 kg/hari, maka diperkirakan volume limbah yang dihasilkan sekitar 50-100 kg/hari, dalam seminggu bisa mencapai 300-600 kg/minggu, dalam sebulan bisa menghasilkan 1300-2600 kg/bulan, dan dalam sebulan bisa menghasilkan ±1,3-2,6 ton limbah marmer. Sehingga,

limbah batu marmer perlu di daur ulang salah satunya sebagai substitusi agregat pada beton normal.

Besarnya jumlah limbah yang dihasilkan maka diperlukan pemanfaatan kembali agar tidak terbuang sia-sia. Seperti halnya untuk pemanfaatan beton normal. Mengutip dari penelitian sejenis terdahulu salah satunya dari Suarnita, I.W. (2012)

Menurut penelitian Suarnita, I. W. (2012). Pemanfaatan Abu Dasar (Bottom ash) Sebagai Pengganti sebagian agregat Halus Pada Campuran Beton. *Journal Teknik Sipil dan Infrastruktur*. Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan jumlah 25 buah dengan masa pemeliharaan 28 hari. Penelitian ini menggunakan variasi 10%, 20%, 30%, dan 40% sebagai pengganti agregat halus. Hasil dari nilai kuat tekan rata pada variasi 0% sebesar 20,524 MPa; 10% sebesar 20,444 MPa; 20% sebesar 19,982 MPa; 30% sebesar 20,756 MPa; dan pada 40% sebesar 19,556 MPa.

2. METODE

Dalam penyusunan penelitian ini pada tahap awal dilakukan tinjauan pustaka pada studi terdahulu yang sejenis dengan memberi perbedaan antara penelitian ini dengan yang terdahulu. Sehingga, diperoleh variasi campuran yang digunakan. Dalam penelitian ini akhirnya menggunakan variasi 0%; 10%; 20%; 30% & 40% dengan total benda uji 60 buah.

Kemudian, melakukan pengujian sifat fisik pada agregat halus & kasar. Pengujian untuk agregat halus meliputi; Kadar air, Berat jenis & Penyerapan; Analisis Saringan; Berat isi; & Kadar organik. Kemudian, untuk pengujian agregat kasar meliputi; Kadar air, Berat jenis & Penyerapan; Analisis saringan; Berat isi; & Kekerasan.

Setelah diperoleh semua hasil pengujian sifat fisik dan memenuhi dari standar setiap pengujian. Maka, dilakukan perencanaan campuran beton normal (*mix design*). Dalam perencanaan ini menggunakan standar dari SNI 03-2834-2000.

Setelah data hasil perencanaan campuran sudah tervalidasi dan material yang akan digunakan sudah tersedia. Maka, dilakukan proses pengecoran. Pada proses ini ketika beton masih dalam kondisi segar dilakukan pengujian slump & berat isi. Untuk perhitungan uji slump berdasarkan SNI 1972:2008 menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Slump = \frac{n \text{ jumlah uji slump}}{\Sigma n} \quad (1)$$

Kemudian, untuk perhitungan berat isi beton menurut Riyanto. Sugeng., Nurani. Puri., Qomariah, (2000) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Berat \text{ isi} = \frac{n \text{ jumlah berat isi}}{\Sigma n} \quad (1)$$

Setelah itu beton baru dipadatkan dalam silinder Ø15 x 30 cm. Ketika beton sudah berumur 1 hari maka, silinder dapat dilepas dan beton melalui proses perawatan dengan direndam dalam kolam air selama 7 hari, 14 hari, & 28 hari. Setelah beton berumur 7 hari, 14 hari, & 28 hari maka dilakukan proses pengujian kuat tekan berdasarkan SNI 1974-2011 dengan persamaan sebagai berikut;

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Setelah, data hasil kuat tekan sudah diperoleh. Maka, dilanjutkan dengan analisis statistik untuk mengetahui pengaruh dari limbah batu marmer. Pada pengujian ini menggunakan Uji Anova Satu Arah. Karena, terdapat 2 sampel dengan membandingkan 1 faktor.

Sebelum melakukan pengujian ini terlebih dahulu menyiapkan hipotesis pengujian sebagai berikut; H0 menunjukkan bahwa limbah batu marmer tidak mempengaruhi kuat tekan beton; & H1 menunjukkan bahwa limbah batu marmer mempengaruhi kuat tekan beton.

Dalam menentukan hasil Uji Anova Satu Arah menurut Setiawan, K. (2019) terdapat persamaan sebagai berikut;

$$H0 \text{ diterima} = F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel} \quad (2)$$

$$H1 \text{ diterima} = F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel} \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian sifat fisik agregat halus yang pertama dilakukan terhadap material limbah batu marmer. Pengujian ini dilakukan oleh penulis di Laboratorium Beton Polinema. Hasil dari pengujian dijelaskan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Limbah Batu Marmer

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Ket.	Referensi
Kadar air (%)	0,19	≤3%	OK	SNI 1971-2011
Berat Jenis (gr/cm ³)	2,69	2,5-2,7	OK	SNI 1970-2008
Penyerapan (%)	0,46	≤3%	OK	SNI 1970-2008

Analisis Saringan	-	Zona 1-4	TIDAK OK	SNI 03-2834-200
Berat Isi Lepas (kg/dm ³)	1,07	≤1,2	OK	ASTM C-29-71
Kadar Organik	No.1	No. 1-4	OK	SNI 2816-2014

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan tabel diatas untuk pengujian sifat fisik limbah batu marmar. Secara keseluruhan memenuhi standar dari referensi yang digunakan. Tetapi, untuk pengujian Analisis Saringan tidak memenuhi persyaratan. Hal ini disebabkan karena, ukuran butir agregat yang seragam. Sehingga, tidak dapat masuk dari semua zona. Akan tetapi, material ini masih bisa digunakan sebagai substitusi pasir. Karena, hasil pengujian Kadar Air, Berat Jenis & Penyerapan yang memenuhi standar.

Kemudian, untuk pengujian sifat fisik pasir menggunakan jenis Pasir Lumajang. Untuk hasil pengujian sifat fisik pasir dijelaskan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Pasir

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Ket.	Referensi
Kadar air (%)	1,30	≤3%	OK	SNI 1971-2011
Berat Jenis (gr/cm ³)	2,74	2,5-2,7	OK	SNI 1970-2008
Penyerapan (%)	0,45	≤3%	OK	SNI 1970-2008
Analisis Saringan	Zona 2	Zona 1-4	OK	SNI 03-2834-200
Berat Isi Lepas (kg/dm ³)	1,19	≤1,2	OK	ASTM C-29-71
Kadar Organik	No.2	No. 1-4	OK	SNI 2816-2014

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik pasir pada tabel diatas menunjukkan bahwa, Pasir Lumajang memenuhi semua persyaratan. Sehingga dapat untuk digunakan dalam perencanaan campuran beton normal.

Kemudian, untuk pengujian sifat fisik kerikil sebagai agregat kasar menggunakan jenis Kerikil Pasuruan. Berikut hasil pengujian sifat fisik kerikil dijelaskan dalam **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Kerikil

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Ket.	Referensi
Kadar air (%)	1,44	≤3%	OK	SNI 1971-2011
Berat Jenis (gr/cm ³)	2,83	2,5-2,7	OK	SNI 1969-1990
Penyerapan (%)	1,56	≤3%	OK	SNI 1969-1990
Analisis Saringan	Zona 3	Zona 1-3	OK	SNI 03-2834-200
Berat Isi Lepas (kg/dm ³)	1,03	≤1,2	OK	ASTM C-29-71
Kekerasan (%)	4,34	≤45%	OK	BS-882

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik kerikil pada tabel diatas menunjukkan bahwa, Kerikil Pasuruan memenuhi semua persyaratan. Sehingga, kerikil ini dapat digunakan menjadi agregat kasar dalam perencanaan campuran beton normal.

Setelah semua data untuk pengujian sifat fisik terkumpul. Maka, dilanjutkan dengan perencanaan campuran beton normal dengan SNI 03-2834-2000. perencanaan campuran beton normal dijelaskan dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Perencanaan Campuran Beton

Parameter	Nilai	Satuan
Kuat tekan rencana	20	MPa
Deviasi standar	0	MPa
Margin	12	MPa
Kuat tekan rata-rata rencana	32	MPa
Jenis semen	PCC	
Faktor air semen	0,54	
Slump	30-60	mm
Kadar air bebas	170	MPa
Kadar semen	314,81	Kg
Persentase agregat halus	32	%

Persentase agregat kasar	68	%
Berat jenis gabungan	2,78	Kg/m ³
Berat isi beton	2.510,00	Kg/m ³
Kadar agregat gabungan	2.025,19	Kg/m ³
Kadar agregat halus	637,93	Kg/m ³
Kadar agregat kasar	1.367,00	Kg/m ³
Jumlah benda uji	12	Silinder

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas diperoleh hasil bahwa nilai kadar agregat gabungan sebesar 2.025,19 kg/m³. Kemudian, untuk menghitung berat setiap agregat dengan melakukan perkalian dengan persentase setiap agregat. Sehingga, diperoleh nilai untuk agregat halus 637,93 Kg/m³ dan agregat kasar 1.367,00 Kg/m³. Berikut dijelaskan jumlah material yang dibutuhkan dalam pembuatan 12 silinder pada variasi 0%.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Jumlah Material

Material	Jumlah	Satuan
Semen	20,02	Kg
Pasir	10,57	Kg
Air	40,91	Kg
Kerikil	86,82	Kg
Marmer	0,00	Kg

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diperoleh jumlah material yang dibutuhkan untuk setiap variasi. Maka, dilakukan pengecoran dan melakukan pengujian slump. Untuk hasil pengujian slump dijelaskan dalam **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Pengujian Slump

Variasi (%)	Nilai Slump I (mm)	Nilai Slump II (mm)	Rata-Rata (mm)
0	55	25	40
10	135	110	123
20	65	100	83
30	85	60	73
40	50	40	45

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian slump untuk variasi 10%, tidak dapat memenuhi persyaratan. Hal ini dikarenakan pada variasi tersebut jumlah air yang digunakan menyesuaikan dengan perencanaan.

Sehingga, pada pengecoran variasi 20%, 30%, 40% melakukan kontrol jumlah air. Maka, dapat dilihat bahwa

nilai slump cenderung menurun. Hal ini disebut dengan FAS koreksi yang dijelaskan dalam **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Perencanaan Campuran Beton

Variasi (%)	Jumlah Air (Kg)	Jumlah Sisa Air (Kg)	FAS Koreksi	FAS Perencanaan
0	12,68	0,00	0,53	0,54
10	12,73	0,00	0,53	0,54
20	12,79	0,50	0,51	0,54
30	12,84	1,00	0,49	0,54
40	12,90	2,00	2,00	0,54

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas nilai FAS yang terkoreksi mempengaruhi nilai slump pada **Tabel 6**. Setelah pengujian slump selesai dilanjutkan dengan pengujian berat isi yang hasilnya dijelaskan dalam **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Pengujian Berat Isi Beton

Variasi (%)	Berat Isi I (Kg/dm ³)	Berat Isi II (Kg/dm ³)	Rata-Rata (Kg/dm ³)
0	2,54	2,53	2,54
10	2,46	2,46	2,46
20	2,40	2,41	2,40
30	2,45	2,44	2,44
40	2,40	2,42	2,41

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian berat isi beton pada tabel diatas menunjukkan bahwa, berat isi beton pada setiap variasi cenderung fluktuatif. Seperti pada variasi 30% mengalami kenaikan dari variasi 20%. Hal ini dipengaruhi oleh metode penumbukan beton dalam mould yang masih kurang merata. Kemudian, beton mengalami *curing* dalam kolam air selama 7 hari, 14 hari, & 28 hari. Setelah masa *curing* selesai maka dilakukan pengujian kuat tekan. Hasil pengujian kuat tekan pada setiap umur dan variasi dijelaskan dalam **Tabel 9**.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

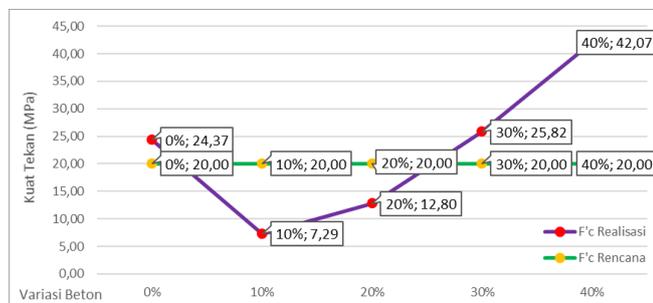
Variasi (%)	Kuat Tekan (MPa)		
	7 (Hari)	14 (Hari)	28 (Hari)
0	15,54	24,99	36,37
10	11,58	15,03	19,29
20	4,72	8,30	24,80
30	21,91	22,24	37,82
40	27,97	37,68	54,07

Berdasarkan pengujian kuat tekan pada tabel diatas nilai kuat tekan mengalami fluktuatif. Setelah ini perlu dilakukan koreksi pada kuat tekan umur 28 hari dengan nilai margin. Hal ini dijelaskan dalam **Tabel 9 & Gambar 1**.

Tabel 9. Hasil Koreksi Kuat Tekan Dengan Margin

Variasi (%)	Kuat Tekan Realisasi (MPa)	Margin	F'c Realisasi (MPa)	F'c Rencana (MPa)
0	36,37	12	24,37	20
10	19,29	12	7,29	20
20	24,80	12	12,80	20
30	37,82	12	25,82	20
40	54,07	12	42,07	20

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 1. Grafik Perbandingan F'c Realisasi dengan F'c Rencana

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil koreksi kuat tekan dengan margin pada **Tabel 9** menunjukkan bahwa variasi 0%, 30%, & 40% memenuhi persyaratan kuat tekan 20 MPa. Sementara variasi 10% dan 20% tidak memenuhi persyaratan.

Dalam mengetahui pengaruh limbah batu marmer terhadap kuat tekan dilakukan pengujian statistik dengan pengujian Anova Satu Arah. Hasil dari pengujian ini dijelaskan dalam **Tabel 10**.

Tabel 10. Hasil Distribusi Normal

Variasi (%)	Shapiro Wilk Signifikansi
0	.744
10	.404
20	.035
30	.069
40	.081

Sumber: Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini jumlah sampel yang digunakan sejumlah 45 sampel. Sehingga, menggunakan tabel distribusi normal Shapiro Wilk. Berdasarkan **Tabel 10** terdapat nilai signifikansi kurang dari 0,05. Sehingga, data tidak berdistribusi normal. Maka, dilakukan pengujian alternative

menggunakan Uji Kruskal Wallis. Hasil pengujian ini dijelaskan dalam **Tabel 11**.

Tabel 11. Hasil Pengujian Kruskal Wallis

Parameter	Kuat Tekan (MPa)
Chi-Square	23,780
df	4
Signifikansi	.000

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian **Tabel 11** menunjukkan bahwa nilai Signifikansi sebesar 0,000 sehingga kurang dari 0,05. Maka, H1 diterima sementara H0 ditolak. Dengan interpretasi bahwa limbah batu marmer mempengaruhi kuat tekan beton.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa, kuat tekan beton yang memenuhi persyaratan kuat tekan rencana 20 MPa adalah variasi 0%, 30%, & 40%. Sementara untuk mengetahui pengaruh limbah batu marmer secara statistik dengan uji alternatif Kruskal Wallis menunjukkan bahwa limbah batu marmer mempengaruhi kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amal, A. S., & Saputra, W. Pemanfaatan Limbah Abu Marmer Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) B. *Media Teknik Sipil*, 16(2), 67-78, 2019.
- [2] Suarnita, I. W. Pemanfaatan Abu Dasar (Botton ash) Sebagai Pengganti sebagian agregat Halus Pada Campuran Beton. *Journal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, 2 (2), 2012.
- [3] Nasional, B. S. Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *SNI*, 3, 2834, 2000.
- [4] Nasional, B. S. SNI 1971-2011 Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan. *BSN*, Jakarta, 2011.
- [5] Nasional, B. S. SNI 1970: 2008 (Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus). *BSN*, Jakarta, 2008.
- [6] Nasional, B. S. SNI 1969-2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta. Badan Standarisasi Nasional*, 2008.
- [7] Riyanto, Sugeng., Nurani. Puri., Qomariah, Modul Pengujian Bahan Bangunan, Malang., *Politeknik Universitas Brawijaya*. 2000.
- [8] Nasional, B. S. SNI 2816: 2014 Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat halus untuk beton, 2014.
- [9] Umum, D. P. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder SNI 1974-2011. *Badan Standarisasi Nasional*, 2011.