

ARTIKEL RISET<http://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/losari/article/view/070208202205>**Analisis Substitusi Limbah Lempung Marmer Terhadap Pengaruh Kuat Tekan Mortar****Andi Yusri¹, Muhammad Syarif², Fauzan Hamdi³**¹Program Studi Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar²Program Studi Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar³Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
yusri.andi76@unismuh.ac.id¹, muhsyarif00@gmail.com², fauzanhamdiunismuh@gmail.com³
(08115302343)**ABSTRACT**

Along with the development of technology and the development of housing and infrastructure development. Therefore, it is also necessary to develop alternative building materials. In this study, it was planned to test the feasibility of marble waste clay as a cement substitution material in the manufacture of mortar. This is one of the solutions for handling industrial waste so that it can be utilized optimally. The purpose of this study was to determine the effect of substitution of marble waste clay on cement, fine aggregate, and water in mortar physically and mechanically. So that it can be seen the possibility of its use in the application of masonry and plastering work. The materials used in this study consisted of Portland Composite Cement (PCC), fine aggregate, water, and marble waste clay as a partial substitute for cement. The tools used in this study have previously been checked for their conditions and capabilities and have been calibrated first. The mortar cube test object was made by inserting fresh mortar mix from a mixing machine with ASTM C 305 standard into a cube mold measuring 5 cm x 5 cm x 5 cm. Testing the compressive strength of mortar after each specimen reached the age of 7, 14, and 28 days. The number of specimens using marble waste clay substitution of 20%, 30%, and 50% as well as normal mortar specimens, each made as many as 9 pieces. (continued)

PUBLISHED BY :

Engineering Faculty

Universitas Muslim Indonesia

Address :Jl. Urip Sumoharjo Km. 5 (Kampus II UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.**Email :**losari.arsitekturjurnal@umi.ac.id**Phone :**

+62 81342502866

Article history :

Received 22 Agustus 2022

Received in revised form 24 Agustus 2022

Accepted 26 Agustus 2022

Available online 31 Agustus 2022

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

All of the specimens were treated with the water curing method. From the results of testing the compressive strength of normal mortar at the age of 28 days obtained a value of 11.91 MPa. While the 20% marble waste clay substitution mortar obtained a compressive strength of 8.73 MPa and the 30% and 50% substitution obtained a compressive strength of 6.66 Mpa and 4.13 MPa, respectively. Based on SNI 6882–2014, it can be assumed that the 20% marble waste clay substitution mortar which reaches 8.73 MPa is greater than the required compressive strength for type N and O mortars which are 5.2 MPa and 2.4 MPa, respectively. So that it is considered to be used as a mortar for wall work, plastering, parapet walls, foundation wall partitions, manholes, canals, road pavements, sidewalks, terraces and other infrastructure works.

Keywords: *Normal mortar, marble waste clay, physical properties, mechanical properties, compressive strength*

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi dan perkembangan pembangunan perumahan serta infrastruktur. Maka, dibutuhkan pula pengembangan bahan bangunan alternatif. Pada penelitian ini direncanakan untuk menguji kelayakan lempung limbah marmer sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan mortar. Hal ini menjadi salah satu solusi penanganan limbah industri agar dapat dimanfaatkan secara maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi lempung limbah marmer terhadap semen, agregat halus, dan air pada mortar secara fisis dan mekanis. Sehingga dapat diketahui kemungkinan pemanfaatannya pada aplikasi pekerjaan pasangan tembok dan plesteran. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari semen Portland Composit Cement (PCC), agregat halus, air, dan lempung limbah marmer sebagai substitusi pengganti sebagian semen. Alat yang digunakan pada penelitian ini sebelumnya telah diperiksa kondisi dan kemampuannya serta telah dikalibrasi terlebih dahulu. Benda uji kubus mortar dibuat dengan cara memasukkan adukan mortar segar dari mesin pengaduk yang berstandar ASTM C 305 ke dalam cetakan kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Pengujian kuat tekan mortar setelah masing-masing benda uji mencapai umur 7, 14 dan 28 hari. Jumlah benda uji yang menggunakan substitusi lempung limbah marmer 20 %, 30 % dan 50 % serta benda uji mortar normal, masing-masing dibuat sebanyak 9 buah. Seluruh benda uji tersebut dilakukan perawatan dengan metode water curing. Dari hasil pengujian kuat tekan mortar normal pada umur 28 hari diperoleh nilai 11,91 MPa. Sedang pada mortar substitusi lempung limbah marmer 20% diperoleh kuat tekan sebesar 8,73 Mpa dan pada substitusi 30% serta 50 % masing-masing diperoleh kuat tekan sebesar 6,66 MPa dan 4,13 MPa. Berdasarkan SNI 6882–2014 maka dapat diasumsikan bahwa mortar substitusi lempung limbah marmer 20% yang mencapai 8,73 Mpa lebih besar dari kuat tekan yang di persyaratkan pada mortar tipe N dan O yang masing-masing sebesar 5,2 MPa dan 2,4 MPa. Sehingga dipandang dapat digunakan sebagai bahan mortar untuk pekerjaan dinding tembok, plesteran, dinding parapet, partisi dinding pondasi, manhole, saluran, perkerasan jalan, trotoar, teras, dan pekerjaan infrastruktur lainnya.

Kata Kunci: *Mortar normal, lempung limbah marmer, sifat fisis, sifat mekanis, kuat tekan*

A. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan akan perumahan maupun infrastruktur lainnya secara otomatis menuntut kebutuhan akan bahan bangunan yang semakin meningkat pula. Peningkatan akan kebutuhan bahan bangunan harus disikapi dengan pemanfaatan dan penemuan bahan bangunan yang mampu memberikan alternatif kemudahan pengerjaan serta hemat biaya. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan harapan akan ditemukannya alternatif teknik konstruksi maupun alternatif bahan/material bangunan yang efisien serta dapat menyediakan bahan bangunan dalam jumlah besar dan ekonomis. Alternatif yang sedang menjadi perhatian dewasa ini adalah pemanfaatan limbah industri dan limbah rumah tangga untuk menjadi suatu material bangunan yang diharapkan mampu mencapai spesifikasi yang layak sebagaimana layaknya jenis material yang telah dipergunakan sebelumnya. Terkait dengan ini peneliti akan melakukan penelitian pengembangan teknologi untuk membantu masyarakat dalam mensolusikan pemanfaatan lempung limbah marmer untuk disubstitusi dengan sebagian semen dalam material pengganti semen portland dalam proses pengelolaan bersama agregat halus dan air untuk pembuatan adukan mortar dengan tetap memperhatikan sifat fisis maupun sifat mekanis yang dimilikinya.

Secara garis besar masalah yang diteliti dalam penelitian ini adalah peneliti ingin mengetahui pengaruh substitusi lempung limbah marmer terhadap penggantian sebagian semen yang akan dikombinasikan dengan agregat halus dan air menjadi mortar secara fisis dan mekanik dan dibandingkan dengan mortar normal yang tidak. Hasil ini diharapkan dapat memberikan dasar bagi pengguna mortar ramah lingkungan untuk bangunan yang digunakan pada pasangan bata, plesteran tembok dan acian tembok. material yang terdiri atas agregat halus, semen, dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan pertambahan kekuatan. Menurut SNI-03-6825-2002 pengertian mortar adalah campuran antara pasir, air, dan semen portland dengan komposisi tertentu. Kuat tekan mortar dipengaruhi oleh jumlah semen dalam campuran, faktor air semen (FAS) dan perbandingan volume semen dan pasir. Mortar dalam kegunaannya di tengah masyarakat memiliki peranan penting dalam pelaksanaan pembangunan.

Perkembangan bahan bangunan saat ini telah disikapi oleh para peneliti diseluruh dunia dengan berupaya menemukan bahan bangunan alternatif yang memiliki kualitas yang dipersyaratkan dari bahan bangunan yang disetarakan. Sebagai contoh penggunaan beton normal telah dikembangkan dengan penemuan beton ringan. Selama ini komposisi adukan mortar yang digunakan adalah semen, pasir, dan air. Dalam realisasi penggunaannya telah diaplikasikan pada perakat pasangan tembok bata, perekat keramik, dan plesteran tembok. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengamatan dan pengujian mortar dengan mensubstitusi Semen, Lempung Limbah Marmer, Pasir, dan Air.

Penggunaan limbah marmer sejalan dengan yang dikemukakan Siregar Dian R (2017), pada jurnal Rekayasa Teknik Sipil yang menyatakan bahwa penambahan limbah marmer pada tanah lempung ekspansif dapat menurunkan nilai potensial swelling menjadi rendah. Hal ini dapat mengurangi kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan di atasnya. Kurniawati Selma (2019), Berdasarkan analisis uji keteknikan menghasilkan nilai rata-rata uji kuat tekan sebesar 781,71 kg/cm², nilai ketahanan aus 0,0399 mm/menit, dan nilai serapan air 0,70%. Rekomendasi pemanfaatan marmer berdasarkan densitas kekar dimanfaatkan sebagai lantai hunian dengan ukuran $\leq 10-40$ cm, berdasarkan geokimianya dimanfaatkan sebagai bahan industri kertas, pewarna tekstil, produksi pestisida, penyaringan gula, dan produksi semen, dan berdasarkan keteknikannya dimanfaatkan sebagai lantai dengan beban hidup > 250 kg/cm²

Rusdiyanto Yuan (2015), Limbah serbuk marmer yang digunakan sebagai bahan pengisi pada pengujian kuat tekan beton masing-masing 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).

Hunggurami Elia (2013), Marmer adalah batuan kristalin kasar berasal dari batu gamping yang telah mengalami proses metamorfosa, yaitu suatu proses yang diakibatkan oleh adanya kenaikan temperatur dan tekanan atau keduanya yang terjadi dalam tubuh bumi. Batu marmer secara kimiawi tersusun dari Calsium Karbonat (CaCO₃) dalam bentuk batuan yang jauh lebih keras dengan tekstur dan struktur yang berbeda dibandingkan batuan aslinya yaitu batu gamping/batu kapur. Dari beberapa literatur yang peneliti telah peroleh didalamnya telah menyebutkan bahwa kandungan senyawa kimia batu marmer adalah CaCo₃. Hal ini sangat

sejalan dengan kandungan unsur kimia semen portland yang memiliki nilai terbesar dari seluruh unsur kimia yang ada pada semen portland yaitu 63,9 %, Syarif Muhammad (2018).

Berdasarkan pendekatan kajian beberapa literatur tersebut yang saat ini menjadi salah satu dasar bagi peneliti untuk melakukan penelitian substitusi lempung limbah marmer terhadap semen portland dalam upaya mengganti sebagian jumlah semen yang digunakan dengan pemakaian lempung limbah marmer dalam proses pembuatan mortar. Fungsi semen secara umum adalah material untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Kandungan silikat dan aluminat pada semen merupakan unsur utama pembentuk semen yang mana apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Semen baru dapat dikatakan cukup untuk memikul suatu tekanan tertentu yang diberikan apabila semen tersebut telah mengalami proses pemadatan dan pengerasan dengan sifatnya yang adhesif dan kohesif. Dalam SNI 03-6825-2002, cara uji kuat tekan mortar dengan menggunakan benda uji kubus dengan dimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm. Pengujian kuat tekan benda uji pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Mortar normal dibuat dari komposisi semen Portland 500 gram ; pasir kwarsa 1.375 gram, dan air 242 ml. kekuatan tekan mortar dihitung dengan rumus :

$$\sigma_m = \frac{p_{max}}{A}$$

dengan pengertian:

Kuat tekan mortar dengan benda kubus, dinyatakan dalam MPa atau N/mm²;

σ_m = kekuatan tekan mortar, MPa

Pmaks = gaya tekan maksimum, N

A = luas penampang benda uji, mm²

untuk benda uji kubus dengan panjang sisi 50 mm, maka A= 2500 mm².

$$\gamma_m = \frac{B_m}{V}$$

Dengan pengertian , γ_m = berat isi mortar, kg/ml

Bm = berat benda uji, kg

V = volume benda uji, ml

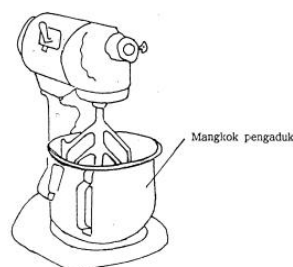
Untuk benda uji kubus dengan panjang sisi 50 mm, maka V- 125 000 mm.

B. METODE

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental Penelitian ini dilaksanakan selama 8 (delapan) bulan yang berlangsung dari bulan Juni 2021 – Desember 2021. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari semen *Portland Composit Cement (PCC)*, agregat halus, air PDAM, dan lempung limbah marmer sebagai bahan substitusi yang berasal dari Pabrik Marmer Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun alat yang digunakan adalah alat-alat laboratorium untuk uji karakteristik material, antara lain mixer / mesin pengaduk untuk mencampur adukan mortar, meja leleh digunakan untuk mengukur kelecakan mortar segar, cetakan mortar, dan mesin uji tekan. Bahan yang digunakan untuk penelitian harus disiapkan terlebih dahulu, ditentukan kualitas masing-masing bahan penyusunnya, serta dibuatkan cetakan untuk tempat benda uji yang telah direncanakan. Alat yang digunakan pada penelitian ini sebelumnya telah diperiksa kondisi dan kemampuannya serta telah dikalibrasi terlebih dahulu. Pembuatan benda uji mortar dalam penelitian ini meliputi benda uji mortar normal yang digunakan sebagai standar perbandingan sesuai SNI 03-6825-2002 dan selanjutnya 3 (tiga) macam benda uji mortar berbahan semen portland yang disubstitusi dengan limbah lempung marmer. Tahap pembuatan sampel benda uji meliputi :

1. Mortar Normal

Menuangkan 242 cc air suling ke dalam mangkok pengaduk, mesin pengaduk yang digunakan pada penelitian ini berstandar ASTM C 305 yang kecepatan perputarannya dapat diatur, dilengkapi dengan mangkok pengaduk kapasitas 2500 cc



GAMBAR 1.
MESIN PENGADUK



Gambar 1. Mesin Pengaduk

Kemudian memasukkan perlahan-lahan semen sebanyak 500 gr.

- a. Mengaduk campuran air suling dan semen dengan menggunakan mesin pengaduk selama 30 detik, kecepatan putaran mesin pengaduk adalah 140 ± 5 putaran per menit;
- b. Menyiapkan pasir kwarsa sebanyak 1375 gram, kemudian memasukkan sedikit demi sedikit ke dalam mangkok yang berisi campuran semen-air suling sambil diaduk dengan kecepatan yang sama selama 30 detik; setelah itu pengadukan diteruskan selama 30 detik dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit;
- c. Pengadukan dihentikan, pembersihan mortar yang menempel di bibir dan bagian atas mangkok pengaduk selama 15 detik, selanjutnya mortar dibiarkan selama 75 detik dalam mangkok pengaduk yang ditutup;
- d. Mengulang kembali pengadukan selama 60 detik dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit;
- e. Melakukan percobaan leleh dengan cara, sebagai berikut:
 - 1) Meletakkan cincin leleh di atas meja leleh, lalu diisi dengan mortar sampai penuh; pengisian dilakukan dalam 2 lapis, setiap lapis harus dipadatkan 20 kali dengan alat pemadat
 - 2) Meratakan permukaan atas mortar dalam cincin leleh dan bersihkan mortar yang menempel di bagian luar cincin leleh
 - 3) Mengangkat cincin leleh perlahan-lahan, sehingga di atas meja leleh tertentu k mortar berbentuk kerucut terpancung
 - 4) Menggetarkan meja leleh sebanyak 25 kali selama 15 detik, dengan tinggi jatuh $1/2$ in (12,7mm)
 - 5) Mengukur diameter mortar di atas meja leleh minimal pada 4 tempat yang berlainan, lain hitung diameter rata-rata (d) mortar tersebut
 - 6) Selanjutnya mencetak benda uji dengan urutan sebagai berikut:
 - Mengaduk kembali mortar di dalam mangkok pengaduk dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit selama 15 detik
 - Memasukkan mortar ke dalam cetakan kubus; pengisian cetakan dilakukan sebanyak 2 lapis dan setiap lapis harus dipadatkan 32 kali
 - Meratakan permukaan atas kubus benda uji dengan menggunakan sendok perata.
 - Menyimpan kubus-kubus benda uji dalam lemari lembab selama 24 jam
 - Setelah itu membuka cetakan dan rendamlah kubus-kubus benda uji dalam air

bersih sampai saat pengujian kuat tekan dilakukan

- Selanjutnya mortar yang menempel di bibir & bagian atas mangkok dibersihkan dalam waktu 15 detik; kemudian mortar diaduk kembali untuk mencetak benda uji
- Pada umur yang telah ditentukan, dilakukan pengujian kekuatan tekan terhadap benda uji itu dengan urutan kegiatan sebagai berikut :
 - Mengangkat benda uji dari tempat perendaman, kemudian permukaannya dikeringkan dengan cara di lap dan dibiarkan selama ± 15 menit
 - Menimbang kubus benda uji, lalu catat berat benda uji itu
 - Meletakkan benda uji pada mesin penekan, tekanlah benda uji itu dengan penambahan besarnya gaya tetap sampel benda uji itu pecah. Pada saat pecah, catatlah besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja.
 - Menghitung berat isi benda uji dan nilai rata-rata berat isi serta kekuatan tekan benda uji

2. Mortar Lempung Limbah Marmer

- a. Pada prinsipnya pembuatan benda uji mortar limbah marmer sama dengan mortar normal. Yang membedakan hanyalah penggunaan proporsi penggunaan Semen Portland, dimana semen yang digunakan diganti sebagian dengan limbah lempung marmer.
- b. Proporsi semen yang digunakan dalam mortar normal adalah 500 gram, sedang pada mortar limbah marmer menggunakan semen dengan cara mengganti sebagian berat semen dengan limbah marmer masing-masing 20%, 30%, dan 50% dari berat total semen sesuai berat semen mortar normal, sehingga diperoleh :
- c. Proporsi semen untuk masing-masing pengujian meliputi :
 - Benda uji ke - 1
 - limbah marmer 20% dari berat semen = 100 gram
 - Semen portland = 400 grm
 - Air suling = 242 cc
 - Benda uji ke - 2
 - limbah marmer 30% dari berat semen = 150 gram
 - Semen portland = 350 grm
 - Air suling = 242 cc
 - Benda uji ke - 3

- limbah marmer 50% dari berat semen = 250 gram
 - Semen portland = 250 grm
 - Air suling = 242 cc
- d. Setelah pengadukan mortar segar selesai kemudian dilanjutkan dengan memasukkan adukan mortar segar yang telah di substitusi material agregat halus dengan lempung limbah marmer ke dalam cetakan kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm yang telah diolesi minyak pelumas. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan dengan direndam di dalam bak air selama 28 hari. Benda uji yang telah di substitusi dari sebagian semen dengan lempung limbah marmer sebanyak 9 buah untuk setiap jenis pengujian dan untuk pengujian mortar normal juga dibuat 9 buah benda uji sebagai benda uji pengontrol.
- e. Untuk mengetahui hasil perbandingan uji tekan mortar normal terhadap uji tekan mortar yang disubstitusi dengan lempung limbah marmer, maka dilakukan analisis data berupa analisis statistik, hal ini digunakan untuk mengetahui rata-rata kuat tekan mortar.

C. HASIL

Pada tahap ini dilakukan pengujian material pembentuk mortar normal yaitu; semen, agregat halus, dan air beserta pembentuk mortar limbah berupa semen, limbah lempung marmer, agregat halus dan air. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik material dan menentukan apakah material tersebut memenuhi syarat sebagai bahan campuran mortar. Gambar. 2 menunjukkan proses uji karakteristik agregat halus, Tabel.1 merupakan hasil Analisa saringan agregat halus.



Gambar. 2. Pengujian kadar air dan analisa saringan agregat halus

Tabel.1. Analisa Saringan Agregat Halus ASTM C33

Lubang Ayakan		Berat Agregat Halus = 2500			
		Tertahan		% Kumulatif	
(in)	(mm)	(gram)	(%)	Tertahan	Lolos
0,19"	4.75	0	0.00%	0	100.00%
0,094"	2.36	403	16.12%	16.12%	83.88%
0,068"	1.70	455	18.20%	34.32%	65.68%
0,047"	1.18	660	26.40%	60.72%	39.28%
Pan		982	39.28%	100%	0.00%
Jumlah		2500	100	2.11	
Modulus Kehalusan (F_r) =				2.11	

**SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPSI AGREGAT HALUS
ASTM C 128**

PERCOBAAN	I	II	SATUAN
A. Berat Pikno	620	620	gram
B. Berat Contoh SSD	500	500	gram
C. Berat Pikno + Contoh SSD + Air	1065	1065	gram
D. Berat Pikno + Air	810	810	gram
E. Berat Contoh Kering Oven	490	485	gram
$Apparent\ Specific\ Gravity = \frac{E}{(E+D-C)}$	2.09	2.11	
<u>Bulk Specific Gravity :</u>			
$On\ Dry\ Basic = \frac{E}{(B+D-C)}$	2.00	1.98	
$SSD\ Basic = \frac{B}{(B+D-C)}$	2.04	2.04	
$\% Absorpsi = \frac{(B - E)}{E} \cdot 100\%$	2.04	3.09	%
Specific Gravity and Absorpsi Rata-Rata			
Apparent Specific Gravity = 2.10			
On Dry Basic = 1.99			
SSD Basic = 2.04			
% Absorpsi = 2.57			

**KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS
ASTM C 142**

PERCOBAAN	I	II	Satuan
A. Vol.Pasir + Vol.Lumpur (Setelah Pengendapan)	63	75	ml
B. Vol. Pasir (Setelah Pengendapan)	61	74	ml
C. Vol. Lumpur (Setelah Pengendapan)	2	1	ml
$Kadar\ Lumpur\ Agregat = \frac{C}{A} \times 100\%$	3.17%	1.33%	%
Kadar Lumpur Agregat Rata-Rata = 2.25%			

1. Mix Design

Setelah seluruh bahan siap untuk dilakukan pencampuran maka langkah selanjutnya adalah penyusunan komposisi adukan material. Adukan material dalam hal ini dibuat berdasarkan SNI 03-6825-2002 dan SNI 6882 – 2014 dan ASTM C270 – 10 IDT, dengan komposisi sebagai berikut:

- Mortar normal / reference mortar

Untuk benda uji mortar normal terdiri atas empat tipe yaitu tipe M, S, N dan O. Peruntukan masing type tersebut serta kuat tekan rata-rat minimum setelah mencapai umur 28 hari sebagaimana yang dijelaskan didalam SNI 6882–2014 dapat dilihat pada tabel.2 dan tabel.3 berikut ini :

Tabel.2 Tipe mortar dan kekuatan tekan rata-rata menurut SNI 6882-2014.

Tipe Mortar	Kekuatan tekan rata-rata pada umur 28 hari, min, MPa (psi)	Retensi air, min, %	Keterangan
M	17,2 (2 500)	75	Rasio agregat (diukur dalam kondisi lembab, lepas) Tidak kurang dari 2¼ dan tidak lebih dari 3½ jumlah dari volume terpisah dari material semen.
S	12,4 (1 800)	75	
N	5,2 (750)	75	
O	2,4 (350)	75	

Tabel.3. Peruntukan mortar berdasarkan tipenya menurut SNI 6882-2014.

Lokasi Peruntukan		Peruntukan pada bangunan gedung	Direkomendasikan	Alternatif
Eksterior	Diatas Tanah	Dinding pemikul beban	N	S atau M
		Dinding tidak memikul beban	O	N atau S
		Dinding parapet	N	S
	Dibawah tanah	Dinding fondasi, dinding penahan	S	M atau N
		Manhole, saluran, perkerasan jalan		
		Trotoar dan Teras		
Interior / Exterior	Diatas Tanah	Dinding pemikul beban	N	S atau M
		Partisi tidak memikul beban	O	N

Pembuatan mortar normal mengacu pada komposisi bahan yang dapat dilihat pada **Tabel.4** dan pada **gambar.3** memperlihatkan proses pembuatan sampel benda uji.

Uraian	Berat bahan	Satuan
Semen	500	Gram
Pasir kwarsa	1375	Gram
Air	242	Cc

Tabel.4 Mix design mortar limbah lempung marmer 20 %

Uraian	Berat bahan	Satuan
Semen	100	Gram
Lempung marmer	400	Gram
Pasir kwarsa	1375	Gram
Air	242	Cc

Tabel.5 Mix design mortar limbah lempung marmer 30 %

Uraian	Berat bahan	Satuan
Semen	150	Gram
Lempung marmer	350	Gram
Pasir kwarsa	1375	Gram
Air	242	Cc

Tabel.6. Mix design mortar limbah lempung marmer 50 %

Uraian	Berat bahan	Satuan
Semen	250	Gram
Lempung marmer	250	Gram
Pasir kwarsa	1375	Gram
Air	242	Cc



Gambar.3 Proses Pembuatan Benda Uji Mortar

2. Hasil Uji Kuat Tekan

Penggunaan proporsi campuran yang sama pada setiap variasi benda uji yang telah di tentukan substitusinya. Maka, didapatkan hasil uji kuat tekan pada mortar sebagai berikut :

Mortar normal

Panjang benda uji = 5 cm

Lebar benda uji = 5 cm

Luas permukaan = 25 cm^2

1 kN = 100 kg

a. Mortar normal pada umur 28 hari

- Benda uji 1

Beban tekan = 28,4 kN

- Benda uji 2

Beban tekan = 30,5 kN

- Benda uji 3

Beban tekan = 32,2 kN

b. Beban tekan rata-rata

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Benda uji 1} + \text{Benda uji 2} + \text{Benda uji 3}}{3} \\ &= \frac{28,4 + 30,5 + 32,2}{3} \\ &= 30,37 \text{ kN} \end{aligned}$$

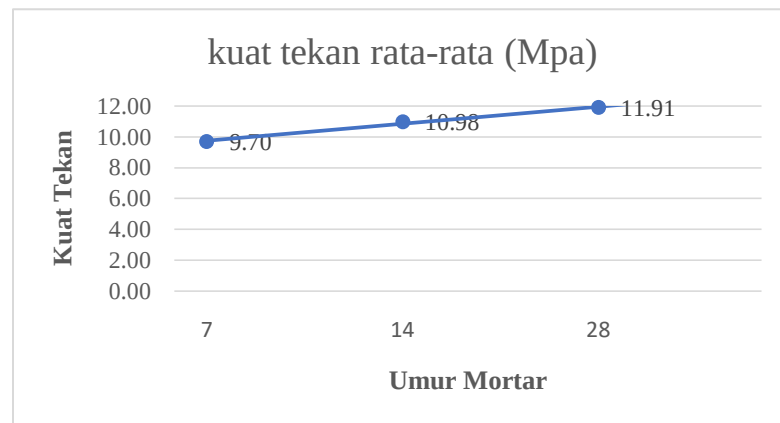
c. Kuat tekan rata-rata (Mpa)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{beban rata-rata}}{\text{luas permukaan}} \\ &= \frac{30,37}{25} \\ &= \frac{3037}{25} \\ &= 121,48 \text{ kg} / \text{cm}^2 \\ &= 11,91 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan umur 7 hari dan 14 hari sama dengan umur 28 hari. Dan cara perhitungan mortar pada variasi lainnya sama seperti mortar normal. Berikut tabel dan grafik pengujian kuat tekan mortar normal

Tabel. 7. Hasil pengujian kuat tekan mortar normal

Hari	Benda uji	Dimensi (cm ²)	Beban tekan (KN)	Beban tekan rata-rata (KN)	kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)	kuat tekan rata-rata (Mpa)
7	1	25	23,1	24,73	98,93	9,70
	2	25	25,0			
	3	25	26,1			
14	1	25	27,2	28,00	112,00	10,98
	2	25	28,2			
	3	25	28,6			
28	1	25	28,4	30,37	121,48	11,91
	2	25	30,5			
	3	25	32,2			



Gambar.4. Grafik kuat tekan mortar normal

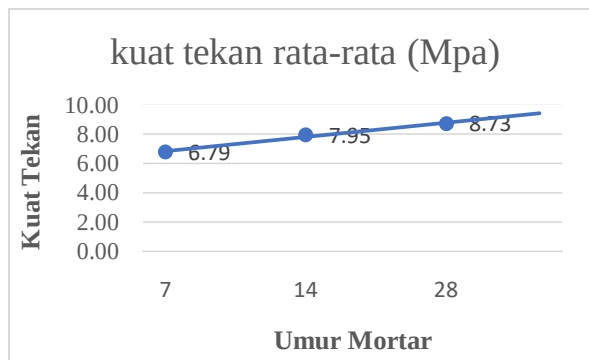
Berdasarkan Tabel dan Grafik diperoleh hasil pengujian kuat tekan mortar normal pada umur 28 hari sebesar 11,91 MPa.

- Mortar substitusi lempung marmer 20%

Berikut Tabel.8 dan Gambar 5 yang menunjukkan hasil pengujian kuat tekan mortar substitusi limbah lempung marmer 20%

Tabel.8. Hasil pengujian kuat tekan mortar substitusi 20%

Hari	Benda uji	Dimensi (cm ²)	Beban tekan (KN)	Beban tekan rata-rata (KN)	kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)	kuat teka rata-rata (Mpa)
7	1	25	16,3	17,30	69,20	6,79
	2	25	17,8			
	3	25	17,8			
14	1	25	18,6	20,27	81,07	7,95
	2	25	20,8			
	3	25	21,4			
28	1	25	21,3	22,27	89,07	8,73
	2	25	21,3			
	3	25	24,2			



Gambar .5. Grafik kuat tekan mortar substitusi lempung marmer 20%

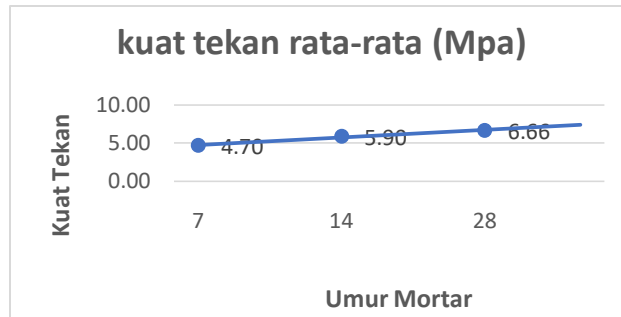
Berdasarkan Tabel hasil pengujian mortar substitusi 20% limbah lempung marmer mengalami penurunan kuat tekan dari mortar normal sebesar 26,7% dengan nilai kuat tekan 8,73 MPa. Gambar.5 diatas menunjukkan grafik hasil uji tekan mortar substitusi 20% limbah lempung marmer

- Mortar substitusi limbah lempung marmer 30%

Berikut Tabel.9 dan gambar.6 yang menunjukkan hasil pengujian kuat tekan mortar substitusi limbah lempung marmer 30%

Tabel.9. Hasil pengujian kuat tekan mortar substitusi 30%

Hari	Benda uji	Dimensi (cm ²)	Beban tekan (KN)	Beban tekan rata-rata	kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)	kuat tekan rata-rata (Mpa)
7	1	25	10,4	11,97	47,9	4,70
	2	25	10,5			
	3	25	15,0			
14	1	25	13,4	15,03	60,1	5,90
	2	25	14,8			
	3	25	16,9			
28	1	25	14,6	16,97	67,9	6,66
	2	25	16,0			
	3	25	20,3			



Gambar.6. Grafik Kuat Tekan Mortar Subtitusi Lempeng Marmer 30%

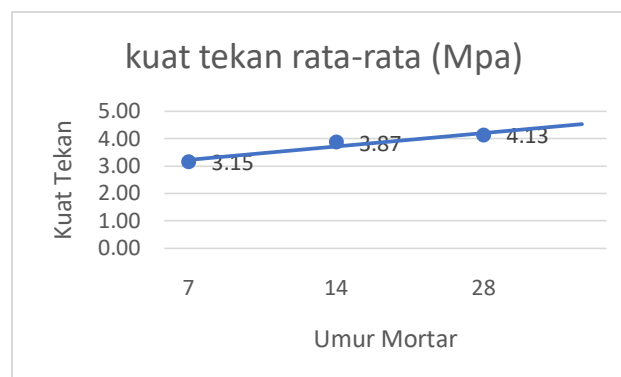
Berdasarkan Tabel hasil pengujian mortar substitusi 30% limbah lempung marmer mengalami penurunan kuat tekan dari mortar normal sebesar 44,08% dengan nilai kuat tekan 6,66 MPa. Gambar.6 diatas menunjukkan grafik hasil uji tekan mortar substitusi 20% limbah lempung marmer

- Mortar substitusi limbah lempung marmer 50%

Berikut Tabel.10 dan Gambar.6 yang menunjukkan hasil pengujian kuat tekan mortar substitusi limbah lempung marmer 50%

Tabel.10. Hasil pengujian kuat tekan mortar substitusi 50%

Hari	Benda uji	Dimensi (cm2)	Beban tekan (KN)	Beban tekan rata-rata (KN)	kuat tekan rata-rata (kg/cm2)	kuat tekan rata-rata (Mpa)
7	1	25	7,7	8,03	32,1	3,15
	2	25	7,7			
	3	25	8,7			
14	1	25	9,3	9,87	39,5	3,87
	2	25	10,1			
	3	25	10,2			
28	1	25	10,3	10,53	42,1	4,13
	2	25	10,4			
	3	25	10,9			



Gambar.7. Grafik kuat tekan mortar substitusi lempeng marmer 50%

Berdasarkan tabel hasil pengujian mortar substitusi 50% limbah lempung marmer mengalami penurunan kuat tekan dari mortar normal sebesar 65,32% dengan nilai kuat tekan 4,13 MPa. Gambar.8 diatas menunjukkan grafik hasil uji tekan mortar substitusi 50% limbah lempung marmer.

D. PEMBAHASAN

Mencermati kemampuan mortar substitusi limbah lempung marmer terhadap kemampuan daya dukung tekan yang terjadi meskipun kemampuan daya dukung tekannya masih berada dibawah kemampuan mortar normal, maka selanjutnya peneliti melakukan telaah review dan perbandingan terhadap standarisasi mortar yang dipersyaratkan sesuai SNI 6882–2014. tabel 11 berikut ini menunjukkan perbandingan dan penyesuaian hasil kuat tekan mortar substitusi limbah lempung marmer terhadap aturan yang dipersyaratkan didalam SNI 6882 – 2014, sedang pada tabel .12 merupakan penyesuaian mortar limbah marmer terhadap mortar normal .

Tabel. 11. Penyesuaian hasil kuat tekan mortar limbah marmer terhadap mortar normal

Tipe Mortar	Kekuatan tekan mortar normal rata-rata pada umur 28 hari, (MPa)	Kekuatan tekan mortar substitusi limbah lempung marmer rata-rata pada umur 28 hari, (MPa)	Keterangan
M	17,2	Tidak direferensikan	Kuat tekan utk komposisi 30% dan 50% (6,66 dan 4,13 MPa) < mortar normal (17,2 dan 12 MPa)
S	12,4	Tidak direferensikan	
N	5,2	> 8,73	Kuat tekan utk komposisi 20% (8,73) > mortar normal (17,2 dan 12 MPa)
O	2,4		

Tabel.12. Penyesuaian peruntukan mortar normal dan mortar limbah marmer

Tipe Mortar	Kekuatan tekan mortar normal rata-rata pada umur 28 hari, (MPa)	Kekuatan tekan mortar substitusi limbah lempung marmer rata-rata pada umur 28 hari, (MPa)	Peruntukan / alternatif
N	5,2	> 8,73	Dinding pemikul beban, dinding parapet, partisi dinding pondasi, manhole, saluran, perkerasan jalan, trotoar, teras
O	2,4		

Dari penjelasan tabel tersebut menunjukkan bahwa limbah lempung marmer terindikasi memiliki kemampuan mekanis untuk dimanfaatkan sebagai bahan substitusi dalam mengganti sebagian semen untuk bahan pembuatan mortar dalam pekerjaan pemasangan tembok bata, plesteran tembok, pekerjaan saluran, dan pekerjaan infrastruktur lainnya yang jika pada mortar normal adalah menggunakan mortar type N dan O.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian kuat tekan mortar normal pada umur 28 hari diperoleh nilai 11,91 MPa. Sedangkan pada mortar substitusi lempung limbah marmer 20% diperoleh kuat tekan sebesar 8,73 Mpa dan pada substitusi 30% serta 50 %, masing-masing diperoleh kuat tekan sebesar 6,66 Mpa dan 4,13 MPa. Dari hasil penyesuaian kuat tekan mortar substitusi lempung limbah terhadap SNI 6882–2014 maka dapat diasumsikan bahwa mortar substitusi lempung limbah marmer 20% dipandang dapat digunakan sebagai bahan mortar untuk pekerjaan dinding tembok, plesteran, dinding parapet, partisi dinding pondasi, manhole, saluran, perkerasan jalan, trotoar, teras, dan pekerjaan infrastruktur lainnya yang jika pada mortar normal adalah menggunakan mortar tipe N dan O. Hal tersebut dikarenakan dengan mortar substitusi lempung limbah marmer sebesar 20% yang hasil kuat tekannya mencapai 8,73 Mpa lebih besar dari kuat tekan yang di persyaratkan pada mortar tipe N dan O yang masing-masing sebesar 5,2 MPa dan 2,4 MPa. Bahwa dengan melihat indikasi kemampuan limbah lempung marmer dalam memikul beban, maka disarankan : Dapat direferensikan pemanfaatan limbah lempung marmer sebanyak 20 % sebagai pengganti sebagian semen untuk pekerjaan sebagaimana yang tercantum pada SNI 6882–2014 untuk mortar type N dan O. Dipandang perlu melakukan penelitian lanjutan untuk memperoleh komposisi yang lebih sesuai terhadap kemampuan daya dukung tekan yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hunggurami Elia., dkk (2013) “*Pemanfaatan Limbah Serbuk Batu Marmer Dari Gunung Batu Naitapan Kabupaten Timor Tengah Selatan Pada Campuran Paving Block*”. Jurnal Teknik Sipil Vol.II No.1, hal 38. ISSN: 1411-1292; e-ISSN: 2541-5484.
2. Kurniawati Selma, (2019), “*Rekomendasi Pemanfaatan Marmer Berdasarkan Karakteristiknya*”. *Indonesian Journal Of Community Engagement*, Vol.5 No.2, hal 251. ISSN:2460-9447.
3. Rusdiyanto Yuan (2015), “*Penggunaan Limbah Marmer Sebagai Filler Terhadap Absorpsi, Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Pada Beton*”. Jurnal Media Teknik Vol. 13 No. 1, hal 9. ISSN 1693-3095

4. Sihombing Adi Putra.,dkk, (2017), “*Pengaruh Penambahan Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar*”. Jurnal Inersia Vol 10, No. 1, hal 32. ISSN 2086-9045(online)
5. Siregar Dian R, 2017, “*Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap Potensial Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Didaerah Driyorejo*”. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, Vol. 3 No.3, hal 131. ISSN 2252-5009.
6. SNI 6825-2002, “*Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*”. ICS 27.180 Badan Standardisasi Nasional
7. Syarif Muhammad., at al, (2018) “*Characteristic of compressive and tensile strength using the organic cement Compare with portland cement*”. Journal International . Case Studies in Construction Materials, Volume 9 Number e 00172, Page 5. ISSN :2214-5095.