

Pengaruh Gradasi Pasir Pada Pemanfaatan Mortar Busa Sebagai Pengganti Lapisan Pondasi Jalan Pada Tanah Gambut

The Effect of Sand Grading on The Use of Foamed Plastic Mortar As a Substitute For The Foundation Layer of a Road in Peaty Soils

Doni Rinaldi Basri¹, Elsa Eka Putri², Bayu Martanto Adji³, Abdul Hakam⁴

¹ Mahasiswa Doktoral, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

^{2,3,4}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Article Info

Article history:

Received 01, September, 2024

Revised 28, Oktober, 2024

Accepted 30, Oktober, 2024

Kata Kunci

Berat isi

Gradasi pasir

Kuat tekan

Lapis pondasi jalan

Mortar busa

Abstrak

Provinsi Riau memiliki tanah gambut dengan daya dukung rendah, dengan kedalaman hingga mencapai 16 meter. Apabila dilakukan pembangunan jalan di atas tanah gambut maka dapat mempercepat terjadinya penurunan dan kerusakan pada jalan. Perkembangan teknologi timbunan ringan dengan menggunakan mortar busa dapat dimanfaatkan sebagai pengganti lapisan pondasi (*base*). Pasir lokal pada Desa Teratak Buluh Kabupaten Kampar memiliki gradasi lebih halus dari gradasi standar, namun diharapkan dapat dipergunakan dalam pembuatan mortar busa sebagai pengganti lapisan pondasi pada perkerasan jalan di atas tanah gambut yang ada di Provinsi Riau. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis kuat tekan dan berat isi mortar busa dengan gradasi awal pasir terhadap gradasi standar. Metode penelitian dilakukan secara kualitatif dengan melakukan eksperimental di laboratorium sesuai dengan pedoman perancangan campuran material ringan dengan mortar busa untuk konstruksi jalan. Sebagai pengganti lapisan pondasi, berat volume $< 0,8 \text{ t/m}^3$ dan kuat tekan $> 2000 \text{ kPa}$. Kesimpulan diperoleh gradasi pasir teratak buluh lebih halus dari pada gradasi PUSJATAN, pasir ini bisa digunakan untuk pembuatan mortar busa dengan kuat tekan $> 2000 \text{ kPa}$ dengan berat isi $0,90 \text{ t/m}^3$.

Abstract

Riau Province has peat soils with low bearing capacity, up to 16 meters deep. If roads are built on peat soils, it can accelerate subsidence and damage the road. The development of lightweight embankment technology using foam mortar can be used as a substitute for the base layer. The local sand in Teratak Buluh Village, Kampar Regency, has a finer grading than the standard grading, but it is expected to be used in the production of foam mortar as a substitute for the base layer in road pavements on peat soils in Riau Province. The research objective was to analyze the compressive strength and density of foam mortar with an initial gradation of sand against the standard gradation. The research method was carried out qualitatively by conducting laboratory experiments in accordance with the guidelines for the design of lightweight mixtures with foam mortar for road construction. As a substitute for a foundation layer, density $< 0,8 \text{ t/m}^3$ and compressive strength $> 2000 \text{ kPa}$. It was concluded that Teratak Buluh sand grading is finer than PUSJATAN grading this sand can be used for the production of foam mortar with compressive strength $> 2000 \text{ kPa}$ with the volume weight of $0,90 \text{ t/m}^3$.

Keywords:

Bulk density

Sand gradation

Compressive strength

Base

Foam mortar

A. PENDAHULUAN

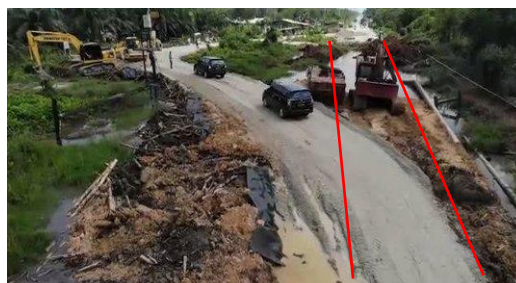
Provinsi Riau merupakan wilayah yang memiliki lahan gambut yang terluas di Pulau Sumatera yaitu seluas 4,044 juta ha (56,1% dari luas daya dukung rendah Sumatera atau 45% dari luas daratan Provinsi Riau). Kandungan karbon tanah gambut di Provinsi Riau tergolong yang paling tinggi di seluruh Sumatera bahkan se-Asia tenggara (Syaufina & Hamzah, 2021).

Tanah gambut memiliki daya dukung yang rendah, permeabilitas yang tinggi dan konsolidasi yang tinggi. Akibatnya, tanah gambut tidak cocok untuk pembangunan struktur dan diperlukan perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukungnya (Rahayu, dkk., 2018).

Apabila tetap dilakukan pembangunan jalan di atas tanah gambut atau tanah lunak, maka semakin banyak jalan yang mengalami kerusakan (Kadela, dkk., 2020). Kondisi jalan di Provinsi Riau banyak mengalami kerusakan yang disebabkan karena dibangun di atas tanah gambut (Khohara & Prihatiningsih, 2023). Salah satu kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 1, dimana semula kondisi jalan memiliki lintasan yang lurus, namun akibat turunnya badan jalan maka trase jalan dialihkan ke sebelah kiri. Kondisi oprit jembatan berada di atas tanah gambut juga mengalami penurunan karena tidak sanggup memikul beban seperti terlihat pada Gambar 2.

Tanah dasar lunak memerlukan penanganan dengan baik karena dapat mempengaruhi kondisi konstruksi jalan dan akan mempercepat kerusakan. Pada timbunan badan jalan diperlukan analisis stabilitas atau kekuatan daya dukung dan penurunan, sehingga tinggi timbunan yang dikehendaki untuk badan jalan dan

konstruksi bangunan tidak mengalami penurunan lagi setelah konstruksi selesai (Nugraha, dkk., 2015).



Gambar 1. Jalan Siak – Buton



Gambar 2. Oprit Jembatan Siak IV

Seiring dengan semakin sempitnya lahan untuk pembangunan, banyak bangunan didirikan di atas tanah dengan kondisi kurang baik, seperti tanah lunak. Pada Gambar 3 terlihat bahwa jalan mortar di atas gambut mengalami keretakan akibat penurunan permukaan gambut di bawahnya, yang menciptakan rongga dan menyebabkan retaknya jalan mortar tersebut. Oleh karena itu, perbaikan tanah gambut harus dilakukan sebelum pembangunan konstruksi dimulai (Usman, 2014).

Salah satu upaya untuk penanganan konstruksi di atas tanah gambut (tanah lunak) adalah dengan menggunakan mortar busa. Mortar busa mempunyai karakteristik berat isi yang ringan dengan kekuatan yang cukup tinggi sehingga diharapkan tidak terjadi masalah stabilitas dan penurunan timbunan maupun tekanan lateral

berlebih pada konstruksi jalan dan *abutmen* jembatan (Surat Edaran Menteri PUPR Republik Indonesia No.44, 2015). Mortar busa telah digunakan untuk konstruksi jalan raya di Inggris sejak tahun 1970, namun material tersebut membutuhkan waktu sekitar sepuluh tahun untuk dapat diterima sebagai bahan bangunan yang layak (Hulimka, dkk., 2013).



Gambar 3. Rigid badan jalan retak di Kabupaten Pelalawan

Penelitian material ringan dengan menggunakan bahan *geopolymer*, *styrofoam* dan mortar busa juga telah dilakukan sebagai pengembangan teknologi material maju. Untuk mengurangi beban ke tanah dasar dapat menggunakan *geopolymer* dan *styrofoam* sebagai pengganti agregat sehingga mengurangi beban mati pada struktur bangunan (Agustin, dkk., 2022). Penggunaan timbunan ringan (mortar busa) menghasilkan penurunan yang terjadi sebesar 3,53 cm dan menggunakan timbunan pilihan terjadi penurunan sebesar 13,79 cm (Alfian, dkk., 2018)

Timbunan dengan mortar busa memiliki stabilitas lebih tinggi karena memiliki nilai *safety factor* (SF) yang lebih tinggi dari timbunan tanah sirtu dan memiliki berat jenis yang lebih ringan dari pada tanah sirtu dari nilai kemampuan (Sc) pada timbunan mortar busa lebih kecil dari pada timbunan tanah sirtu (Hidayat, dkk., 2016).

Sehingga diperlukan penelitian dengan memanfaatkan pasir lokal yang

ada di Provinsi Riau pada perkerasan jalan di atas tanah gambut dan tanah yang memiliki daya dukung rendah.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu atau novelty adalah penelitian ini fokus menganalisis gradasi pasir lokal (pasir teratak buluh) di Provinsi Riau dan membuat tiga gradasi pasir sesuai dengan amplop gradasi standar PUSJATAN. Kemudian menganalisis nilai kuat tekan dan berat isi mortar busa yang dihasilkan. Dengan harapan pasir lokal ini bisa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan mortar busa pengganti lapisan pondasi (*base*) pada konstruksi jalan yang ada di Provinsi Riau.

Bahan penyusun mortar busa yang digunakan pasir berasal dari Desa Teratak Buluh, yang merupakan sumber pasir ada di Kota Pekanbaru. untuk semen digunakan semen padang PCC, yang mudah dijumpai di Kota Pekanbaru.

Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis gradasi awal dan gradasi sesuai standar PUSJATAN pasir teratak buluh, untuk menganalisis nilai kuat tekan dan berat isi mortar busa, untuk menganalisis pengaruh gradasi serta untuk memperoleh hubungan antara kuat tekan dan berat isi mortar busa dari semua gradasi pasir yang dibuat sehingga pasir lokal ini bisa digunakan sebagai bahan pembuat mortar busa sebagai pengganti lapisan pondasi (*base*).

Manfaat penelitian adalah untuk memberikan solusi pada pembangunan jalan di atas tanah lunak dengan daya dukung rendah) seperti gambut yang ada di Provinsi Riau dan memberikan alternatif pengganti pada daerah Provinsi Riau yang tidak ada tanah timbun dengan pemanfaatan mortar busa.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Mortar Busa (*Foam Mortar*)

Mortar busa adalah salah satu jenis mortar ringan yang tidak mengandung agregat kasar dalam komposisi bahannya. Bahan penyusun untuk pembuatan mortar busa meliputi semen, air, agregat halus, serta bahan tambahan (*admixture*) tertentu. Proses pencampuran mortar busa yaitu dengan mencampur gelembung - gelembung dalam bentuk busa dalam adukan mortar sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam adukan mortarnya (Susilowati & Nabhan, 2021).

Pada proses pembuatan mortar busa, terdapat tantangan dalam menjaga kestabilan busa karena busa tersebut sangat mudah pecah akibat panas, angin, atau getaran. Salah satu metode pembuatan mortar busa adalah dengan memasukkan gelembung gas atau udara ke dalam campuran mortar. Proses ini menghasilkan material berstruktur sel dengan rongga udara berukuran antara 0,1 hingga 1,0 mm (Elmyra, dkk., 2020).

Dalam pembuatan mortar busa, terdapat dua metode dasar untuk menghasilkan gelembung-gelembung gas atau udara dalam mortar, atau untuk membuat mortar ber-aerasi yaitu :

- a. Gas *concrete* atau mortar gas dibuat dengan menambahkan reaksi kimia dalam bentuk gas atau udara ke dalam mortar basah. Proses ini menghasilkan banyak gelembung-gelembung gas atau udara yang terbentuk dalam mortar tersebut.
- b. *Foaming concrete* atau mortar busa, dibuat dengan menambahkan *foaming agent* ke dalam mortar busa. Bahan pembentuk *foam agent* dengan bahan alami dan buatan. *Foam agent* dengan bahan alami berupa protein memiliki kepadatan 80 gr/ltr, sedangkan bahan buatan berupa *synthetic* memiliki kepadatan 40 gr/ltr. Ukuran gelembung udara berupa busa dalam mortar busa sangat kecil kira-kira 0,1-

1,0 mm. Fungsi dari *foam agent* ini adalah untuk menstabilkan gelembung.

Mortar busa dibuat dengan membentuk gelembung udara dalam mortar yang diklasifikasikan menjadi tiga macam mortar ringan, yaitu :

- a. Mortar *aerasi autoklaf*, adalah mortar yang terbuat dari pasta semen, pasir, kapur, kemudian ditambahkan *foam agent* dan bubuk aluminium. Adonan tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan. Setelah cukup keras (± 12 jam), selanjutnya dikeluarkan dan kemudian dimasukkan dalam ruang perawatan beruap jenuh.
- b. Mortar ringan menggunakan bahan kimia bubuk aluminium dibuat dengan mencampurkan busa dan bubuk aluminium ke dalam adukan semen, pasir halus, dan/atau kapur, sesuai dengan jenis mortar ringan lainnya. Perbedaanannya, setelah produk cukup mengeras dan dikeluarkan dari cetakan, perawatan produk dilakukan di ruangan dengan suhu kamar. Mortar ringan terbagi atas 2 macam, yaitu :

- 1) Mortar ringan busa *mekanikal foaming*, dibuat dengan menambahkan *foam agent* ke adukan semen. Gelembung-gelembung udara secara mekanik dihasilkan dari *mixer* berkecepatan tinggi. Busa yang relatif tidak stabil berkembang secara tidak teratur menghasilkan gelembung udara dalam adukan mortar.
- 2) Mortar ringan busa *physical foaming*, busa dibuat dari *foam agent* dan air dengan alat *foam generator* yang mampu menghasilkan *pre-foam* yang stabil, kemudian dimasukkan ke dalam adukan semen dan bahan tambahan adukan akan menghasilkan mortar berpori lebih stabil.

- c. Mortar ringan busa *physical foaming*, yaitu busa dibuat dari *foam agent* dan air dengan alat *foam generator* yang mampu menghasilkan *pre-foam* yang stabil kemudian dimasukkan ke dalam adukan semen.

Mortar busa memiliki kelebihan dan kekurangan dalam pengaplikasiannya. Kelebihan mortar busa adalah:

- a. Memiliki berat jenis yang ringan bahkan bisa lebih ringan daripada air.
- b. Dapat dibentuk dengan mudah sesuai keinginan.
- c. Dapat diproduksi secara langsung di Lapangan.
- d. Dapat mempermudah proses konstruksi.
- e. Tahan panas dan api karena berat jenisnya rendah.
- f. Kedap suara dan tahan lama.
- g. Tidak perlu pemadatan dengan vibrator.
- h. Ramah lingkungan dan ekonomis.

Selain memiliki kelebihan, mortar busa memiliki kekurangan. Kekurangan mortar busa antara lain :

- a. Tidak dianjurkan untuk digunakan dalam perkuatan (struktur) karena memiliki nilai kuat tekan dan kuat tarik belah yang terbatas.
- b. Biaya pembuatan lebih mahal dari pada mortar konvensional.

2. Bahan Penyusun Mortar Busa

Bahan penyusun mortar busa terdiri dari semen, air, agregat halus, *foam agent*.

a. Semen

Semen adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air (semen *hidrolis*) yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat (Naim, dkk., 2018). Semen yang

biasanya digunakan untuk pembuatan mortar dinamakan semen portland (PC). Semen ini dibuat dengan cara menghaluskan silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dicampurkan pada bahan gips, setelah mengeras akan mirip seperti batu portland yang ada di Inggris

Fungsi utama dari semen adalah untuk mengikat butir-butir agregat sehingga terbentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Meskipun komposisi semen dalam mortar hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka semen sangat berperan penting dalam pembuatan mortar (Mulyono, 2004). Semen yang banyak digunakan adalah semen portland.

Semakin banyak semen yang digunakan maka kuat tekan mortar semakin tinggi, anggapan seperti ini tidak selamanya benar, pada penggunaan semen dari 450 kg, 500 kg, dan 550 kg dalam 1 m³ mortar menunjukkan peningkatan mutu mortar, dengan nilai kuat tekan, 34,19 MPa, 37,40 MPa, dan 42,01 MPa, sedangkan penggunaan semen 600 kg/m³ mengalami penurunan mutu mortar, Dengan nilai kuat tekan 41,16 MPa. Penurunan ini terjadi disebabkan oleh suhu udara pada saat pembuatan beton di atas 30°C sehingga proses pengerasan beton terganggu karena air menguap (Basri, dkk., 2023).

b. Air

Air merupakan komponen penting dalam pembuatan mortar, meskipun harganya paling murah. Air yang digunakan harus memenuhi standar SNI 03-6861-2002 dan bebas dari minyak, asam alkali, serta garam yang dapat merusak kualitas mortar busa. Umumnya, air yang dipakai untuk campuran mortar adalah air yang layak diminum (pH > 5,5). Untuk

menghasilkan mortar dengan kekuatan lebih dari 90 persen, biasanya digunakan air suling.

Air digunakan dalam pembuatan mortar untuk membantu reaksi semen dan berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Umumnya, air yang digunakan dalam pembuatan mortar berkisar 25% dari berat semen. Namun, kelebihan air dalam campuran dapat berbahaya karena menurunkan daya tahan mortar (Wenda, dkk., 2018).

c. Agregat Halus

Pasir adalah agregat halus yang lolos dari ayakan no.4 (yaitu lebih kecil dari 3/6 inci atau 4,75 mm). Butiran agregat untuk pasir biasanya berkisar antara 0,15 mm dan 4,75 mm.

Agregat halus yang akan dipergunakan untuk membuat mortar tidak boleh mengandung lumpur, tanah liat dan material-material gembur/mudah hancur (*clay lumps and friable particles*) lebih dari 3% (SNI 03-6819-2002). Pasir harus bebas dari arang, benda-benda dari kayu serta kotoran-kotoran lainnya yang tidak dikehendaki (Surat Edaran Menteri PUPR, 2015).

Agregat halus yang digunakan harus memiliki susunan besar butiran dalam batas-batas gradasi seperti pada Tabel 1 dan Gambar 4.

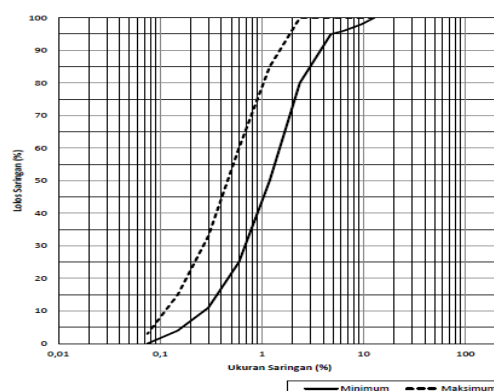
d. Foam Agent

Foam agent adalah zat kimia yang berperan sebagai bahan utama dalam pembuatan busa, di mana jika digunakan harus diaduk dengan air. Dengan menggunakan *foam generator* atau kompresor maka dapat dihasilkan *pre foam* awal yang stabil dalam kondisi basa, sehingga cocok untuk produksi mortar busa. Pembuatan busa, rasio penggunaan *foam agent* : air adalah 1:30.

Tabel 1. Gradasi agregat halus

No	Ukuran Saringan		% Berat Lolos Saringan	
	Inci / No	mm	Minimum	Maksimum
1	1/2"	12,7	100	100
2	3/8"	9,51	98	100
3	1/4"	6,35	96	100
4	4	4,76	95	100
5	8	2,36	80	100
6	16	1,19	50	85
7	30	0,595	25	60
8	50	0,297	11	33
9	100	0,149	4	15
10	200	0,075	0	3

(Sumber: Surat Edaran Menteri PUPR, 201)



Gambar 4. Gradasi pasir mortar busa

Foam agent berfungsi sebagai bahan tambah dalam pembuatan mortar busa berguna untuk membentuk rongga udara.

Bahan tambah merupakan busa yang ditambahkan pada adukan mortar. *Foam agent* merupakan zat membuat busa yang ditambahkan pada mortar untuk meningkatkan volumenya tanpa menambah berat mortar busa tersebut. Bahan pembentuk *foam agent* bisa bersifat buatan atau alami.

3. Analysis Of Variance (ANOVA)

Analysis of variance atau yang disebut dengan ANOVA merupakan salah satu teknik analisis yang digunakan untuk uji perbandingan rata-rata antara beberapa kelompok data. Adapun syarat yang harus dipenuhi untuk melakukan pengujian analisis varian yaitu diantaranya pengambilan sampel diambil secara

random dari populasi, data yang diambil adalah data skala interval atau rasio, data harus memenuhi syarat berdistribusi normal, dan data dalam variabel yang akan dianalisis harus homogen (Wijaya, dkk., 2024). Distribusi sampling yang

digunakan untuk mengambil keputusan statistiknya adalah menolak atau menerima hipotesis nol (H_0) adalah distribusi F. Untuk analisis varian satu arah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Varian Satu Arah

SK	JK	db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	$\frac{\sum P^2}{n} - \frac{(\sum X)^2}{N}$	k-1	$\frac{JK_P}{db_P}$	$\frac{KT_P}{KT_G}$	$F_{0,05} (db_P; db_G)$
Galat	$JK_T - JK_P$	N-k	$\frac{JK_G}{db_G}$		
Total	$\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}$	N-1			

Keterangan : JK_T = Jumlah kuadrat total
 JK_P = Jumlah kuadrat perlakuan
 JK_G = Jumlah kuadrat error atau galat
 KT_P = Kuadrat tengah perlakuan
 KT_G = Kuadrat tengah galat

C. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan rancangan penelitian dengan metode eksperimen (*trial mix*). Untuk bahan pembuatan busa di gunakan *foam* nabati SAMACON dan untuk pembuatan mortar digunakan semen padang PCC (*Portland Composite Cement*) dan pasir bersumber dari Desa Teratak Buluh.

Dalam pembuatan busa yang dilakukan campuran air dan *foam* nabati SAMACON dengan perbandingan 1 *foam* nabati : 30 air dengan tujuan untuk melihat bentuk busa dan pengaruh busa terhadap kuat tekan. Jumlah sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah sampel mortar busa

Gradasi Awal	Gradasi PUSJATAN			Jumlah Sampel
	Batas Atas	Batas Tengah	Batas Bawah	
3	3	3	3	12

Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur, persiapan dan pengujian properties agregat halus yang terdiri dari berat volum, berat jenis, penyerapan,

kadar lumpur, kadar organik, dan pengujian gradasi. Pembuatan mortar busa menggunakan 4 (empat) gradasi yaitu gradasi awal pasir dengan menyaring pasir teratak buluh dengan ukuran saringan sesuai standar dan 3 (tiga) gradasi standar dengan cara menyaring pasir teratak buluh sesuai ukuran saringan standar. Setelah diperoleh pasir berdasarkan ukuran saringannya maka ditentukan berat setiap ukuran pasir sesuai dengan batas gradasi yang diinginkan yaitu batas bawah, tengah dan batas atas. Ketiga gradasi tersebut adalah batasan dari standar amplop gradasi pasir PUSJATAN yang terdapat pada Tabel 1 dan Gambar 4. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan berat isi sampel mortar busa pada umur 14 hari, analisa dan pembahasan terhadap hasil pengujian gradasi pasir, kuat tekan dan berat isi terhadap standar dan diperoleh kesimpulan dari penelitian.

Campuran bahan penyusun mortar busa diambil dari referensi penelitian Basri, dkk., (2023) dengan rasio 1 semen :

0,5 pasir. Adapun campuran untuk 1 m³ dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Campuran 1 m³ mortar busa

Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Busa (Kg)
525	262,64	262,50	34,338

(Sumber: Basri, dkk., 2023)

Proses pembuatan mortar busa terdiri dari :

- Pengadukan bahan penyusun mortar yang terdiri dari pasir, semen dan air hingga homogen.
- Pembuatan busa dengan mencampur bahan penyusun *foam agent* dan air dengan kompresor
- Busa dicampurkan ke dalam mortar yang sudah disiapkan dan aduk menggunakan *mixer* dengan kecepatan rendah hingga homogen.
- Adukan mortar busa dimasukkan ke dalam cetakan silinder 15 cm × 30 cm.
- Pembukaan cetakan setelah 24 jam dan dimasukan ke dalam plastik untuk pemeliharaan. Pada umur 13 hari sampel dikeluarkan dari plastik.
- Pengujian berat isi dan kuat tekan pada umur 14 hari dengan menggunakan alat uji tekan bebas modifikasi.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Properties Agregat Halus

Pengujian agregat halus terdiri dari berat volume, berat jenis, penyerapan, kadar lumpur dan kadar organik. Hasil pengujian pasir teratak buluh dapat dilihat pada Tabel 5.

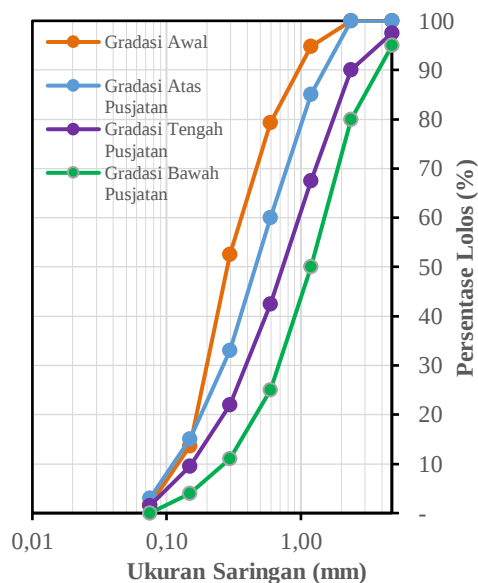
Pada Tabel 5 dapat dilihat hasil pengujian properties pasir memenuhi

standar dari penggunaan pasir pada mortar busa, sehingga pasir teratak buluh dapat digunakan sebagai campuran mortar busa.

2. Gradasi Pasir Teratak Buluh

Pada penelitian digunakan 4 (empat) variasi gradasi pasir teratak buluh yaitu gradasi awal, gradasi batas atas, gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah PUSJATAN. Hasil pengujian gradasi agregat halus yang diambil dari Desa Teratak Buluh dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 diperoleh persentase berat lolos setiap saringan sehingga dapat dilihat pada saringan No. 16, 30, dan 50 melebihi batas atas gradasi PUSJATAN. Hal ini menunjukkan bahwa pasir teratak buluh relatif halus, sehingga diperoleh zona gradasi agregat halus teratak buluh yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Gradasi pasir teratak buluh

Tabel 6. Gradasi pasir teratak buluh

Saringan No.	mm	Gradasi Awal % Lolos	Gradasi PUSJATAN		
			Batas Atas % Lolos	Batas Tengah % Lolos	Batas Bawah % Lolos
1/2"	12,70	100,00	100,00	100,00	100,00
3/8"	9,51	100,00	100,00	99,00	98,00

Tabel 6. Gradasi pasir teratak buluh (Lanjutan)

Saringan		Gradasi Awal	Gradasi PUSJATAN		
No.	mm		Batas Atas	Batas Tengah	Batas Bawah
		% Lolos	% Lolos	% Lolos	% Lolos
1/4"	6,35	100,00	100,00	98,00	96,00
# 4	4,76	100,00	100,00	97,50	95,00
# 8	2,36	100,00	100,00	90,00	80,00
# 16	1,19	94,77	85,00	67,50	50,00
# 30	0,60	79,36	60,00	42,50	25,00
# 50	0,30	52,59	33,00	22,50	11,00
# 100	0,15	13,58	15,00	9,50	4,00
# 200	0,08	1,70	3,00	1,50	0,00

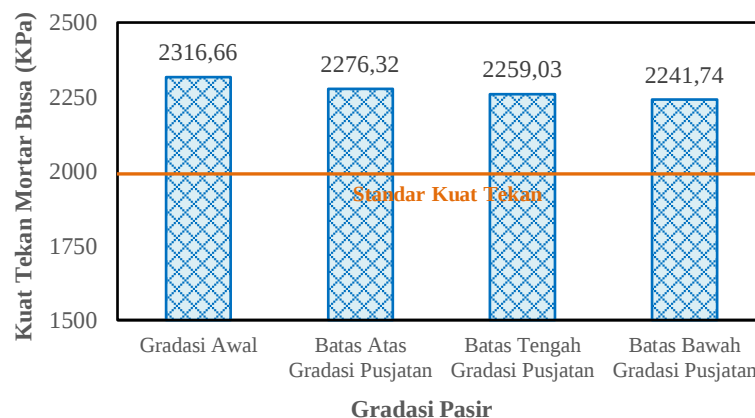
Pada Gambar 6 dapat dilihat beberapa gradasi awal teratak buluh berada di luar zona gradasi pasir PUSJATAN, yang berarti gradasi pasir teratak buluh tidak memenuhi standar gradasi yang di tentukan oleh [Surat Edaran Menteri PUPR, \(2015\)](#). Namun pada penelitian tetap dilanjutkan penggunaan gradasi awal pasir untuk mengetahui pengaruh yang diakibatkan dari penggunaan pasir teratak buluh tersebut.

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Busa

Mortar busa dibuat berdasarkan empat gradasi teratak buluh yang masing-masing terdiri dari 3 (tiga) sampel, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 14 hari. Hasil pengujian kuat tekan mortar busa dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 7.

Tabel 7. Kuat tekan gradasi pasir teratak buluh

Sampel	Awal	Kuat Tekan Mortar Busa (KPa)		
		Batas Atas Pusjatan	Batas Tengah Pusjatan	Batas Bawah Pusjatan
1	2282,08	2403,10	2230,21	2022,75
2	2333,95	2212,93	2403,10	2126,48
3	2333,95	2212,93	2143,77	2575,98
Rata-rata	2316,66	2276,32	2259,03	2241,74



Gambar 7. Berat isi gradasi pasir teratak buluh

Pada Tabel 7 hasil pengujian dapat dilihat nilai rata-rata kuat tekan gradasi awal paling tinggi dengan nilai 2.316,66 kPa dan nilai rata-rata kuat tekan yang paling rendah terdapat pada batas gradasi bawah PUSJATAN dengan nilai 2.241,74 kPa. Seluruh sampel kuat tekan mortar busa pada ke empat gradasi memenuhi standar > dari 2.000 kPa.

Nilai kuat tekan tertinggi berada pada gradasi awal karena gradasi agregat halus yang lebih halus, sehingga cenderung akan meningkatkan nilai kuat tekan mortar geopolimer.

Hal yang sama juga diperoleh pada penelitian [Pratomo, dkk., \(2016\)](#), dimana juga diperoleh nilai kuat tekan tertinggi

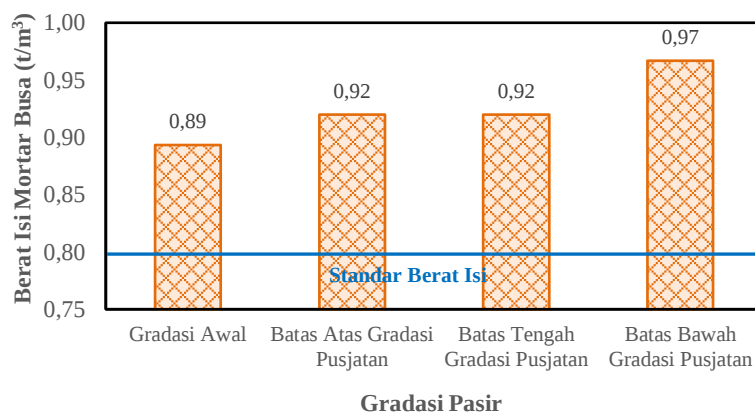
juga diperoleh pada gradasi yang lebih kecil.

4. Hasil Pengujian Berat Isi Mortar Busa

Hasil pengujian berat isi dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 8. Pada Tabel 8 diperoleh berat isi terendah pada gradasi awal dengan nilai rata-rata $0,90 \text{ t/m}^3$ dan yang paling tinggi pada gradasi batas bawah PUSJATAN dengan nilai rata-rata $0,97 \text{ t/m}^3$, berat isi ke empat gradasi melebihi dari standar > $0,8 \text{ t/m}^3$. Namun nilai keseluruhan berat isi masih di bawah 1 t/m^3 atau masih lebih ringan dari pada air, sehingga perlu dilakukan perbaikan terhadap komposisi campuran mortar busa harus diperbaiki.

Tabel 8. Berat isi gradasi pasir teratak buluh

Sampel	Berat Isi Mortar Busa (t/m^3)			
	Awal	Batas Atas Pusjatan	Batas Tengah Pusjatan	Batas Bawah Pusjatan
1	0,90	0,92	0,91	0,97
2	0,89	0,92	0,91	0,97
3	0,89	0,92	0,94	0,96
Rata-rata	0,89	0,92	0,92	0,97



Gambar 8. Berat isi gradasi pasir teratak buluh

Untuk membuktikan kondisi mortar busa yang dihasilkan memiliki berat isi yang ringan, maka dilakukan pengujian perendaman pada sampel mortar busa yang dapat dilihat pada Gambar 9.

Pada Gambar 9 dapat diamati bahwa sampel dengan gradasi awal, gradasi batas atas PUSJATAN, gradasi batas tengah PUSJATAN mengapung dengan sempurna. Hal ini disebabkan oleh adanya gradasi pasirnya yang masih halus sementara sampel gradasi bawah

PUSJATAN tidak mengapung dengan sempurna, hal ini karena gradasi pasir dengan butiran yang lebih kasar dan nilai berat isi yang lebih tinggi.



Gambar 9. Perendaman sampel empat gradasi di dalam air

Apabila dihubungkan nilai kuat tekan dan berat isi mortar busa, maka dapat diamati bahwa terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara kuat tekan dengan berat isi mortar busa. Dimana semakin tinggi nilai kuat tekan maka nilai berat isi akan semakin rendah, demikian juga sebaliknya.

5. Pengaruh Gradasi Pasir Terhadap Kuat Tekan Mortar Busa

Untuk dapat menentukan pengaruh gradasi pasir dapat menggunakan metode *Analysis Of Variance* (ANOVA) satu arah dimana hanya terdapat 1 variabel terikat yaitu variabel y (Wijaya, dkk., 2024).

Adapun pengujian hipotesis yang dilakukan yaitu :

- H_0 : Tidak ada pengaruh gradasi agregat halus terhadap kuat tekan mortar busa
- H_1 : Ada pengaruh gradasi agregat halus terhadap kuat tekan mortar busa

Analisis varian digunakan untuk mengetahui variasi gradasi yang merupakan variabel bebas dapat memengaruhi kekuatan tekan mortar busa dengan membandingkan nilai F_{tabel} dengan F_{hitung} pada $\alpha = 5\%$. F_{tabel} yang digunakan adalah $F(0,05;3;11)$, sehingga diketahui nilainya 3,59 (nilai tersebut didapat dari F sebaran *fisher*).

Rancangan perlakuan ANOVA satu arah dan rekapitulasi hasil perhitungan ANOVA pada kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Rancangan perlakuan kuat tekan

Gradasi	Kuat Tekan Mortar Busa (MPa)			Jumlah
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
Awal	2282,08	2333,95	2333,95	6949,98
Atas	2403,10	2212,93	2212,93	6828,96
Tengah	2230,21	2403,10	2143,77	6777,08
Bawah	2022,75	2126,48	2575,98	6725,21
Total				27281,23

Tabel 1. Hasil ANOVA kuat tekan

SK	JK	db	KT	F_{hitung}
Perlakuan	9267,33	3	3089,11	0,11
Galat	233732,90	8	29216,61	
Total	243000,23	11		

Hasil analisis perhitungan pada tabel 10, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel} = 0,11 < 3,59$ sehingga hipotesis H_1 ditolak. Berdasarkan nilai tersebut maka dapat dinyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari gradasi pasir terhadap kuat tekan mortar busa pada tingkat signifikan $\alpha=0,05$ dan hipotesis H_0 diterima.

Walaupun terdapat nilai kuat tekan yang lebih tinggi pada gradasi awal pasir teratak buluh dibandingkan dari gradasi PUSJATAN, namun hasil ANOVA menunjukkan tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari gradasi pasir terhadap nilai kuat tekan. Hal ini berbeda dengan hasil yang diperoleh pada penelitian [Pratomo, dkk., \(2016\)](#), dimana juga diperoleh nilai kuat tekan tertinggi juga diperoleh pada gradasi yang lebih kecil. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan yang lebih akurat.

6. Pengaruh Gradasi Pasir Terhadap Berat Isi Mortar Busa

Apabila dilakukan pengujian yang sama untuk dapat menentukan pengaruh gradasi pasir terhadap berat isi mortar busa, maka pengujian hipotesis yang dilakukan yaitu :

H_0 : Tidak ada pengaruh gradasi agregat halus terhadap berat isi mortar busa

H_1 : Ada pengaruh gradasi agregat halus terhadap berat isi mortar busa

Rancangan perlakuan ANOVA satu arah untuk berat isi dan rekapitulasi hasil perhitungan ANOVA pada berat isi dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Sedangkan hasil analisis perhitungan pada tabel 12, diperoleh $F_{hitung} > F_{tabel} = 30,42 < 3,59$ sehingga hipotesis H_0 ditolak.

Tabel 11. Rancangan perlakuan berat isi

Gradasi	Berat Isi Mortar Busa (t/m^3)			Jumlah
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
Awal	0,90	0,89	0,89	2,68
Atas	0,92	0,92	0,92	2,76
Tengah	0,91	0,91	0,94	2,76
Bawah	0,97	0,97	0,96	2,90
	Total			Total

Tabel 12. Hasil ANOVA berat isi

SK	JK	db	KT	F_{hitung}
Perlakuan	0,0080	3	0,0028	30,42
Galat	0,0007	8	0,0000917	
Total	243000,23	11		

Berdasarkan nilai tersebut maka dapat dinyatakan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari gradasi pasir terhadap berat isi mortar busa pada tingkat signifikan $\alpha=0,05$ dan hipotesis H_1 diterima.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian

diperoleh gradasi awal pasir teratak buluh yang melebihi batas atas amplop gradasi standar PUSJATAN, namun dapat meningkatkan nilai kuat tekan mortar busa dan nilai kuat tekannya lebih tinggi dari nilai kuat tekan dengan gradasi standar PUSJATAN. Untuk nilai berat isi gradasi awal pasir teratak buluh lebih rendah dari nilai berat isi gradasi

standar PUSJATAN. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari gradasi pasir terhadap berat isi namun belum terdapat pengaruh yang signifikan dari gradasi pasir terhadap kuat tekan mortar busa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pasir lokal berasal dari Desa Teratak Buluh, yang merupakan sumber pasir ada di Kota Pekanbaru dapat digunakan dalam pembuatan mortar busa sebagai pengganti lapisan pondasi (*base*). Dengan kuat tekan di atas standar dan berat isi melewati batas maksimal standar di atas 0,8 tetapi masih ringan dari pada air.

Untuk rencana penelitian lebih lanjut dapat menganalisis pengaruh volume terhadap pengembangan mortar setelah di tambah busa, sehingga dapat mengetahui penambahan volume mortar setelah menjadi mortar busa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada semua *promotor* dan *co promotor* yang telah membimbing dan memberi masukan dan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Abdurrah tempat penelitian ini dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D., Wiswamitra, K. A., & Nurtanto, D. (2022). Sifat Mekanik Beton Ringan Menggunakan Geopolymer Dengan Styrofoam Sebagai Substitusi Agregat Kasar, *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 124–135.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v8i1.9251>
- Aji, B. B., dan Ruslani, F. (2024). Analisa Beton Mortar Busa Dengan Bahan Tambah Steel Fiber dan Agregat Slag Untuk Perkerasan Jalan, *Thesis*, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Alfian, M., Adi, P., Lastiasih, Y., Mochtar, I. B., & Artikel, I. (2018). Alternatif Perencanaan Timbunan Jalan dengan Material Sirtu dan Material Ringan Mortar Busa pada Jalan Tol Batang-Semarang Seksi III Weleri-Kendal STA 414+525-STA 424+576, *Jurnal Transportasi*, 1(2), 2622–6847.
<http://dx.doi.org/10.12962/j26226847.v1i2.5029>
- Basri, D. R., Liontin, A., & Yazid, M. (2023). Pengaruh Variasi Penambahan Semen Dan Perbedaan Suhu Saat Pencampuran Terhadap Mutu Beton, *Jurnal Rab Contruction Research*, 8(2), 344–351.
<https://doi.org/https://doi.org/10.36341/racic.v8i2.4014>
- Basri, D. R., Putri, E. E., Adji, B. M., & Hakam, A. (2023). The Ratio of Cement and Sand From Lake Bingkuang as Aggregate to Create Foam Mortar 2,000 kPa, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1173(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1173/1/012010>
- Hidayat, D., Muslih Purwana, Y., & Pramesti, F. P. (2016). Analisis Material Ringan dengan Mortar Busa pada Konstruksi Timbunan Jalan, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi* (pp. 1-10), Jakarta, Indonesia; Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/seminastek/article/view/684>
- Hulimka, J., Jędrzejewska, A., & Krzywón, R. (2013). Possibilities of The Structural Use of Foamed Concrete on The Example of Slab Foundation, *Central European*

- Congress On Concrete Engineering*, 67–74.
<https://www.researchgate.net/publication/256437610>
- Kadela, M., Kukielka, A., & Małek, M. (2020). Characteristics of Lightweight Concrete Based on a Synthetic Polymer Foaming Agent, *Materials*, 13(21), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/ma1321499>
- Khohara, J. W., & Prihatiningsih, D. A. (2023). Analisis Penurunan Jalan Di Atas Tanah Gambut Tanpa Perbaikan Di Pekanbaru, *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(2), 393–406.
<https://doi.org/10.24912/jmts.v6i2.21919>
- Naim, A. J., Fuad. I. S., & Asmawi. B. (2018). Pengaruh Penambahan Serat Buah Pinang Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton, *Jurnal Desiminasi Teknologi*, Vol. 6, No. 2, pp. 144-150.
<http://dx.doi.org/10.52333%2Fdestek.v6i2.398>
- Nugraha, N., Widodo, S., & Alwi, A. (2015). Analisa Resiko dan Mitigasi Pada Konstruksi Jalan di Lahan Gambut, *Jurnal Teknik Sipil Tanjungpura*, 15(2), 1–15.
<https://doi.org/10.26418/jtst.v15i2.25549>
- Rahayu, W., Damoerin, D., & Hayyan, A. (2018). Pengaruh Geopolimer untuk Meningkatkan Kuat Geser Tanah Gambut, *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 25(3), 187-194.
<http://dx.doi.org/10.5614/jts.2018.25.3.3>
- Surat Edaran Menteri PUPR Republik Indonesia No.44. (2015). *Pedoman Perancangan Campuran Material Ringan dengan Mortar Busa untuk Konstruksi Jalan*.
<https://doi.org/desadonorajo.wordpress.com>
- Susilowati, A., & Nabhan, F. (2021). Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Terhadap Mortar Busa, *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, 1(2), 9-15.
<http://dx.doi.org/10.31963/jacee.v2i1.2797>
- Syaufina, L., & Hamzah, A. A. (2021). Changes of Tree Species Diversity in Peatland Impacted by Moderate Fire Severity at Teluk Meranti, Pelalawan, Riau Province, Indonesia, *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(5), 2899-2908.
<https://smujo.id/biodiv/article/view/8191>
- Usman, A. (2014). Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Gambut Menggunakan Kombinasi Perkuatan Anyaman Bambu dan Grid Bambu Dengan Variasi Lebar dan Jumlah Lapisan Perkuatan, *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(3), 297–302.
<https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jtsl/article/view/975>
- Wijaya, E., Indriyati, R., Rinawati, Utami, R. N., Negsih, T.A., Suharyanto, Hermawan, E., Deseria, R., Aziza, N., Judijanto, L., & Mardikawati, B. (2024). *Pengantar Statistik (Konsep Dasar Untuk Analisa Data)*, PT. Sonpedia Publishing Indonesia, Jambi.
<https://www.researchgate.net/publication/377967864>



© 2024 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY Licens
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)