



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Studi Eksperimental Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Pada Mortar Geopolimer

Defrianto Sayadi Pratama^a, Shanti Wahyuni Megasari^{b*}, Muthia Anggraini^c

^{a,b,c}Jurusan teknik sipil universitas lancang kuning, Jl. Yos Sudarso KM. 8, Umban Sari, Rumbai, Kota Pekanbaru, Riau, 28266

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 09 Oktober 2024

Revisi Akhir: 30 Desember 2024

Diterbitkan Online: 31 Desember 2024

KATA KUNCI

fly ash, kuat tekan, mortar geopolimer, serat kawat bendrat

KORESPONDENSI

Telepon: 081275254771

E-mail: shanti@unilak.ac.id

ABSTRACT

Limbah *fly ash* digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran mortar geopolimer yang direaksikan dengan alkali activator dan katalisator serta serat kawat bendrat sebagai bahan tambah pada campuran mortar geopolimer tersebut. Dengan menambahkan serat kawat bendrat pada mortar geopolimer menjadikan kuat terhadap retakan. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis nilai kuat tekan pada mortar geopolimer dengan penambahan serat kawat bendrat. Metode penelitian merupakan studi eksperimental di laboratorium dengan perbandingan agregat dan binder yaitu 65%:35%, perbandingan SS:SH yaitu 2:1 molaritas alkali 12M dan variasi serat kawat yaitu 0%, 0,25%, 0,50%, 0,75% dan 1 % terhadap berat *fly ash*. Pada penelitian ini benda uji yang digunakan berupa kubus dengan ukuran 50 × 50 × 50 mm. pengujian untuk kuat tekan mortar dilakukan pada umur mortar 28 hari dengan perawatan suhu ruang. Hasil penelitian diperoleh nilai tertinggi pada pengujian kuat tekan pada variasi 0% yang kuat tekan rata-ratanya 113,53 kg/cm² dan nilai terendah terdapat pada variasi 1% dengan nilai rata-rata 84,98 kg/cm². Kesimpulan dari penelitian diperoleh bahwa kuat tekan rata-rata mortar geopolimer dengan tertinggi sebesar 113,53 kg/cm² tergolong pada mortar tipe S dimana pada tipe S memiliki kuat tekan $\geq 52,5$ Kg/cm² dan dapat digunakan pada pasangan terbuka di atas tanah. untuk penelitian selanjutnya dilakukan pengujian dengan variasi yang berbeda.

1. PENDAHULUAN

Teknologi konstruksi telah mengalami perkembangan signifikan contohnya dalam konstruksi pembangunan gedung. Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan semakin mempermudah membuat konstruksi bangunan yang lebih berkualitas. Dengan perkembangan yang pesat tersebut banyak inovasi yang dilakukan dalam perkembangan konstruksi bangunan. Salah satu perkembangan inovasi adalah pada pemanfaatan mortar pada suatu bangunan. Mortar adalah campuran dari agregat halus dan semen yang disatukan dengan air dalam perbandingan tertentu (Masherni., dan Amran, Y., 2020).

Mortar termasuk suatu bahan yang sering di pakai dalam pembangunan karena dapat ini berkontribusi

terhadap kekuatan bangunan dalam hal daya tahan dan kekuatan mortar. Namun mortar tidak dapat digunakan karena mempunyai kelemahan yaitu bersifat getas. (tidak daktil) sehingga tidak dapat menahan gaya tarik atau tidak sanggup menahan gaya tarik. Oleh sebab itu biasanya dipasangkan tulangan pada struktur yang akan memikul beban tarik karena keretakan halus dapat mengakibatkan keruntuhan secara tiba tiba. Akan tetapi hal tersebut dapat diatasi dengan menambahkan tambahan serat pada adukan mortar. maka pada tingkat pembebanan tertentu retak retak pada mortar dapat dicegah atau seandainya apabila terjadi retak pada mortar tersebut, pertumbuhan dan perluasan retak pada mortar dapat dihindari oleh serat-serat yang dicampurkan dalam adukan mortar tersebut. Sehingga kuat tarik dan kuat lentur mortar serat dapat lebih tinggi dibandingkan

dengan kuat tarik dan lentur mortar biasa (Juanita, 2021). Ada pun bahan tambah serat yang dimanfaatkan dibagi menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat buatan, serat buatan itu seperti steel fiber yang terdiri dari serat baja, serat gelas/kaca, serat sintetis. Serat alami terdiri oleh serat bamboo, serat nanas dan serat kelapa (Trimurtiningrum, 2018).

Akan tetapi pemakaian campuran mortar pada suatu konstruksi bangunan membuat jumlah produksi semen meningkat. Pada proses pembuatan semen terjadi pelepasan karbon dioksida ke udara dan mengakibatkan polusi udara. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif lain yang menggantikan semen dalam campuran beton juga mortar dan campuran tersebut ramah lingkungan. Pengembangan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan bahan organik seperti alumina-silikat *polymer* atau dikenal sebagai geopolimer (Bangun, A, J., dkk., 2021).

Mortar geopolimer telah muncul sebagai alternatif untuk inovasi menggunakan bahan dasar yang lebih ramah lingkungan. Akan tetapi masih ada tantangan yang perlu diatasi salah satunya adalah meningkatkan kinerja mekanis mortar geopolimer. Penambahan serat kawat bendrat dalam mortar geopolimer menjadi salah satu strategi yang menarik untuk memperbaiki sifat mekanik tersebut, sehingga penggabungan mortar geopolimer dengan serat kawat bendrat dapat menciptakan suatu bahan konstruksi yang ramah lingkungan, efisien, lebih kuat dan tahan lama pada suatu konstruksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mortar

Mortar adalah campuran suatu adukan yang terdiri dari agregat halus, semen, dan air (Anwar, K., dan Mawardi., 2012). Adapun fungsi dari mortar yaitu sebagai matrik pengikat dan juga sebagai bahan penyusun suatu konstruksi yang mana baik bersifat structural maupun non structural. Contoh mortar untuk bagian bangunan structural yaitu pada pemasangan pasangan batu belah untuk struktur pondasi, sedangkan mortar untuk bagian non structural misalnya mortar pasangan batu bata untuk dinding pengisi. Pentingnya mortar pada suatu konstruksi bangunan yang memikul beban maka saat menggunakan campuran mortar harus sesuai dengan standar spesifikasi SNI 03-6882. Standar SNI ini merujuk pada kuat tekan mortar tersebut, yaitu kemampuan mortar untuk menerima beban. Ada beberapa factor yang mempengaruhi nilai kuat tekan misalnya faktor air semen, kepadatan, jenis semen, jumlah semen, sifat agregat dan juga umur mortar itu sendiri

2.2. Mortar Geopolimer

Setelah berhasil mengembangkan jenis material geopolimer yang lebih ramah lingkungan, geopolimer—material pengikat yang berasal dari bahan alami yang telah mengalami reaksi polimerisasi selama pengoperasiannya, biasanya digunakan sebagai alternatif beton semen atau mortar semen di masa mendatang. Zat dengan jumlah silikon dan aluminium yang signifikan membentuk sebagian besar geopolimer. Karena silika dan aluminium oksida merupakan komponen utama yang akan melalui proses polimerisasi untuk membentuk bahan pengikat atau binder dalam beton geopolimer, oksida ini harus memiliki proporsi yang tinggi. Mortar memiliki berat jenis 2200 kg/m^3 (Khoiriyah, N, L., dan Maisytoh, P., 2016).

2.3 Material Penyusun Mortar Geopolimer

2.3.1 Agregat halus

Pasir berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil dari desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang di buat oleh industri-industri pemecah batu dan memiliki ukuran butir terbesar 5,0 mm (Resi, dkk., 2017). Menurut Salmonda, P., (2018), adapun jenis jenis pasir sebagai berikut:

1. Agregat halus beton
Meskipun butiran pasirnya sangat halus dan berwarna hitam, butiran tersebut tidak akan berputar kembali saat diremas dengan tangan. Pasir ini sangat cocok untuk pemasangan batu bata, plesteran dinding, dan pengecoran.
2. Agregat halus elod
Pasir ini merupakan pasir yang paling halus di antara pasir beton dan pasir pasang. Yang istimewa adalah ketika ditekan akan mengeras dan tidak akan mengembang lagi. Jenis pasir ini kurang cocok untuk bangunan. Biasanya digunakan sebagai campuran pembuatan batu bata..
3. Agregat halus merah
Ini merujuk pada pasir dengan bongkahan batu yang lebih besar dan tekstur yang lebih kasar yang kualitasnya hampir sama dengan pasir beton. Pasir jenis ini cocok untuk pengecoran.

Dan juga berdasarkan SNI 1970-2008, agregat halus adalah pasir alam yang terdapat dari galian alam batu atau pasir dari industri galian yang terdapat ukuran butir maksimum 4,75 mm (N0.4)

2.3.2 Aquadest

Air memegang peranan penting dalam pembuatan mortar geopolimer karena air membantu reaksi kimia, proses hidrasi, dan penggunaan pelumas dalam campuran mortar selama proses pembuatan. Air suling biasanya digunakan (Wijaya, M., F., dkk., 2019). Air baku yang

digunakan memiliki pH normal 7 dan bebas dari bahan kimia yang tercemar, sesuai dengan SNI 2847-2013

2.3.3 Abu terbang (*fly ash*)

Abu terbang merupakan produk limbah yang berasal dari batu bara yang tersisa setelah sisa pembakaran batu bara dibakar (Indrayani, dkk., 2022). Abu terbang merupakan produk sampingan dari pembakaran batu bara di pembangkit listrik. Abu terbang memiliki massa jenis (densitas) 2,0 hingga 2,5 g/cm³ dan titik leleh sekitar 1300°C.

2.3.4 Serat kawat

Serat kawat merupakan salah satu unsur tambahan yang digunakan untuk membuat beton. Beton ini lebih daktail dibandingkan beton biasa karena benang-benang yang ada di dalamnya berfungsi untuk menghindari terjadinya keretakan (Sugiarto, 2016). Jika serat kawat baja misalnya, memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan semen, maka mortar serat akan memiliki modulus elastisitas, kuat tarik, dan kuat tekan yang agak lebih tinggi dibandingkan mortar biasa. Secara umum, serat kawat yang digunakan adalah serat kawat baja, kawat lentur, dan kawat biasa. Diameter yang dipilih adalah $\pm 0,8-1,0$ mm.

Tabel 2. 1 Kandungan Kimia Serat Kawat

Kandungan Kimia Persentase	Persentase (%)
Silicon (Si)	1-3
Carbon (C)	2-4
Mangan (Mn)	0,8
Fospor (P)	0,1
Sulfur (S)	0,05
Besi (Fc)	Sisa

(Sumber : Purwanto, H, dan Wardani, U.C., 2020).

2.3.5 Aktivator dan katalisator

Aktivator merupakan zat kimia yang menempel pada silika teroksidasi dari abu terbang dan memulai proses kimia yang menghasilkan pembentukan ikatan polimer. Menurut Yanuari dkk. (2020), kalium hidroksida (KOH) dengan natrium sulfat (Na₂SO₄) dan natrium hidroksida (NaOH) yang berperan sebagai katalis merupakan larutan aktivator geopolimer. KOH bereaksi hebat dengan air membentuk gas hidrogen dan melepaskan sebagian energinya. Untuk membuat geopolimer, KOH dan kalium tambahan sering kali dikombinasikan. Hal ini mempercepat proses pengerasan geopolimer (Chandra, D. dan Firdaus, 2021).

2.4 Pengujian Kuat Tekan

Kekuatan tekan mortar dievaluasi dengan menentukan dengan pasti kekuatan mortar pada usia 28 hari, dan apakah kekuatan tersebut sesuai dengan rencana awal atau tidak. Objek ditempatkan dalam peralatan pengujian kekuatan tekan dan diberi beban hingga runtuh atau retak, atau hingga beban maksimum tercapai. (Salmonda, 2018).

Kuat tekan mortar mengidentifikasi mutu pada suatu struktur dimana semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki semakin tinggi pula mutu yang dihasilkan. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan agar mutu yang dikehendaki tercapai yaitu metode proporsi bahan penyusun, metode pencampuran, dan perawatan (Purwanto dan Wardani, 2020).

2.5 Perawatan

Setelah cetakan atau bekisting dibuka, perawatan beton atau yang dikenal dengan istilah curing dilakukan selama jangka waktu tertentu dengan tujuan untuk mempertahankan kondisi yang diperlukan agar komponen kimia dalam campuran beton dapat bereaksi. Bergantung pada jenis dan kondisi komponen struktural yang perlu ditangani, ada berbagai cara untuk merawat beton (Mulyati, dkk., 2020).

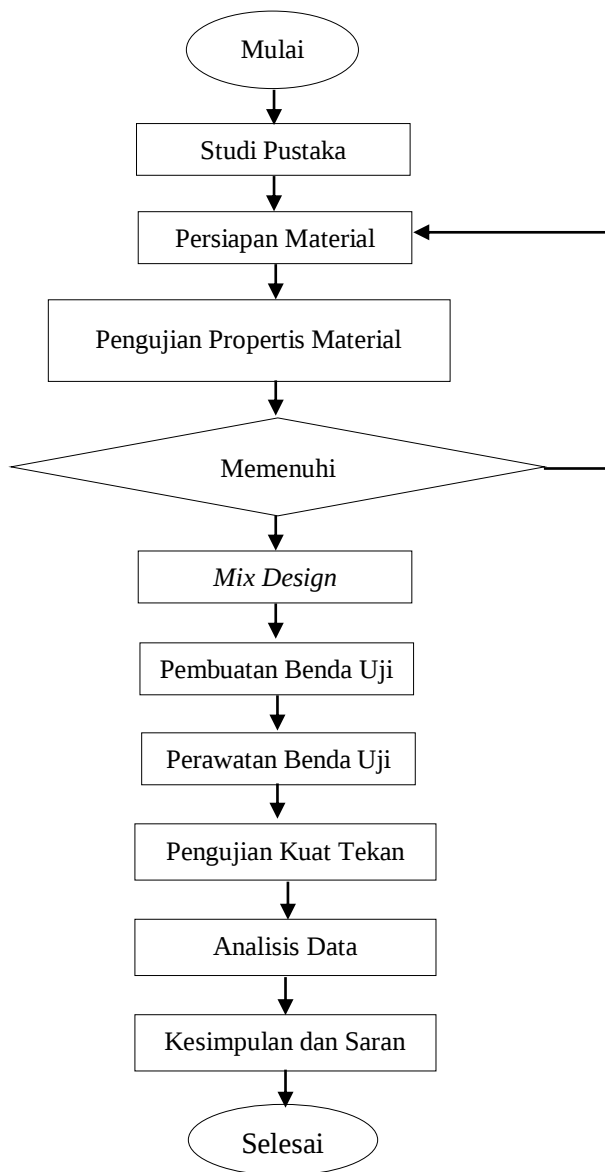
Kondisi elemen struktural yang perlu dirawat menentukan teknik perawatan beton mana yang akan digunakan; dengan kata lain, teknik yang digunakan dapat bervariasi tergantung pada elemen struktural yang perlu dirawat. Perawatan beton yang dilakukan dengan tepat akan menghasilkan beton yang lebih kuat, tahan lama, dan tahan abrasi daripada beton yang tidak dirawat. (Mulyati dan Arkis, 2020).

2.6 Pengujian X-Ray Fluorescence (XRF)

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan salah satu metode analisis yang berfungsi mengetahui komponen unsur pada suatu bahan secara cepat. pemeriksaan di laboratorium dengan teknik analisis untuk menggunakan metode XRF menunjukkan bahwa unsur yang paling banyak terdapat di sampel adalah silika serta besi. Dan dari perhitungan kadar LOI, dapat diketahui bahwa *fly ash*

mengandung karbon yang rendah sehingga cocok untuk dicampurkan dengan semen (Asof, dkk., 2022).

3. METODOLOGI



Gambar 1. Bagan penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Hasil pengujian pendahuluan

Pengujian pendahuluan material dilaksanakan pada *fly ash* dan agregat halus.

1. Fly ash

Material untuk *fly ash* yang digunakan diambil dari PLTU Tenayan Raya. Pengujian *X-Ray fluorescence* (XRF) dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang. Hasil yang didapatkan pada pengujian XRF dapat dilihat pada tabel 4.1 (ASTM C168-19).

Tabel 4.1 Hasil pengujian *X-Ray Fluorescence Fly Ash*

No	Senyawa	Kandungan (%)
1.	Alumunium Oksida atau Alumina (Al_2O_3)	14,338
2.	Silikon Oksida atau Silika (SiO_2)	35,777
3.	Sulfur Trioksida (SO_3)	1,211
4.	Kalsium Oksida (CaO)	10,824
5.	Ferric Oksida Atau Besi III Okasida (Fe_2O_3)	29,546

(Sumber : Laboratorium FMIPA Universitas Negeri Padang, 2024)

Berdasarkan tabel 4.1, hasil pengujian menunjukkan bahwa pada *fly ash* terdapat kandungan :

- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 50\%$
 $36,105 + 14,454 + 29,987 \geq 50\%$
 $79,661 \geq 50\%$ memenuhi menurut ASTM C618-19)
- $\text{SO}_3 \leq 5\%$
 $1,221 \leq 5\%$ (memenuhi menurut ASTM C618-19)
- $\text{CaO} \leq 18\%$
 $10,824 \leq 18\%$ (memenuhi menurut ASTM C618-19)...

Tabel 4. 2 Penggolongan Kelas *Fly Ash*

Uraian	Syarat kelas		Hasil XRF	Kelas
	F	C		
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\geq 50\%$	$\geq 50\%$	79,661%	F
SO_3	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	1,211%	
CaO	$\leq 18\%$	$\geq 18\%$	10,824%	

Menurut ASTM C618-19 pada table 4.2 menunjukkan bahwa *fly ash* PLTU Tenayan Raya masuk kedalam kelas F karna berasal dari batu bara dan mempunyai sifat pozolanik yaitu mengandung SiO_2 (silicon oksida) Al_2O_3 (aluminium oksida).

Hasil pengujian XRF tersebut dapat dilihat memiliki nilai SiO_2 ditambahkan Al_2O_3 dan Fe_2O_3 sebesar 79,661% > 70, kadar SO_3 sebesar 1,211 % < 5% rwn kada CaO 10,824 % $\leq$ 18% dikatakan bahwa *fly ash* pada penelitian dinyatakan dalam kategori tipe F (ASTM C618-19).

2. Agregat halus

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning. Pengujian yang dilakukan berupa berat jenis SSD, kadar air, kadar lumpur, kadar organik dan gradasi.

a. Pengujian kadar lumpur agregat halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus ini dapat dihitung berdasarkan persamaan (3.1) sampai dengan (3.3) yaitu:

Berat kering benda uji dan wadah (W_1) = 500 gram

Berat wadah (W_2) = 43,5 gram

Berat kering benda uji awal (W_3) = $W_1 - W_2$

$$= 526,3 - 43,5$$

$$= 482,8 \text{ gram}$$

Berat kering benda uji awal (W_4) = 515,1 gram

Berat kering benda uji sesudah pencucian (W_5)

$$= W_4 - W_2$$

$$= 515,1 - 43,5$$

$$= 471,6 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{(482,8 - 471,6)}{471,6} \times 100 \%$$

$$= 2,37 \%$$

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Lumpur

No	Pengujian	Hasil Pengujian
1	Benda uji awal	500 Gram

2	Setelah di oven (W3)	482,8 Gram
3	Tertahan ayakan (W5)	471,6 Gram
Kadar Lumpur		2,37 %

Hasil pengujian kadar lumpur diperoleh bahwa agregat halus memenuhi

b. Pengujian kadar organik

Warna yang dapat dilihat pada botol yang diuji pada pembacaan no.1. dimana standar warna cairan pada botol pembanding yang diperbolehkan adalah maksimal no.3. Karena jika pada nomor 4 dan nomor 5 tidak di perbolehkan karena pada nomor 4 dan 5 memiliki kadar organik yang tinggi sehingga berpengaruh terhadap mortar yang direncanakan. Menurut SNI 2816-2014 Keterangan tentang warna kaca pembanding kadar lumpur organik agregat halus.

Keterangan tentang warna kaca pembanding kafar lumpur organik:

1. Warna nomor 1. Bening
2. Warna nomor 2. Bening kekuningan
3. Warna nomor 3. Kecoklatan
4. Warna nomor 4. Coklat kehitaman
5. Warna nomor 5. hitam



Gambar kadar organik

c. Berat jenis SSD dan penyerapan agregat halus

Nilai berat jenis SSD dan penyerapan agregat halus dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut yaitu:

Berat benda uji kering (BK) = 498,1 gram

Berat labu yang berisi air (BT) = 656,4 gram

Berat labu + air + benda uji (B) = 965,5 gram

Berat benda uji permukaan kering (W_{ssd}) = 500 gram

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis kering} &= \frac{BK}{BT+W_{ssd}-B} \\
 &= \frac{498,1}{656,4+500-965,5} \\
 &= 2,61 \\
 \text{Berat jenis SSD} &= \frac{W_{ssd}}{BT+W_{ssd}-B} \\
 &= \frac{500}{656,4+500-965,5} \\
 &= 2,62 \\
 \text{Berat jenis semu} &= \frac{BK}{BT+BK-B} \\
 &= \frac{498,1}{656,4+498,1-965,5} \\
 &= 2,64 \\
 \text{Penyerapan} &= \frac{W_{ssd}-BK}{BK} \times 100\% \\
 &= \frac{500-498,1}{498,1} \times 100\% \\
 &= 0,38 \%
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian berat jenis SSD dan penyerapan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.4 Berat Jenis SSD dan Penyerapan

No	Pengujian	Hasil Pengujian
1	Benda uji kering (BK)	498,1
2	Jenuh permukaan kering (W _{ssd})	500
3	Labu + air (BT)	656,4
4	Labu + air + benda uji (B)	965,5
	BJ Kering	2,61
	BJ SSD	2,62
	BJ Semu	2,64
	Penyerapan	0,38%

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan, diperoleh bahwa agregat halus memenuhi spesifikasi SNI 1970 : 2016 dengan syarat berat jenis SSD 2,58-2,83 dan penyerapan ≤ 2 % sesuai dengan SNI 1969-2016.

d. Analisa saringan

Pada penelitian ini dapat dilihat untuk hasil pengujian analisa saringan agregat halus dengan hasil untuk pengujian masuk kedalam zona II.

Adapun perhitungan analisa saringan sebagai berikut:

- Jumlah tertahan ayakan 5 mm
 $= 0,00 + 1,33,00$
 $= 133,00$
- Persentase tertahan kumulatif ayakan 5 mm
 $= \frac{133,00}{1495,00} \times 100\%$

$$= 8,90\%$$

- Persentase lolos kumulatif ayakan 5 mm
 $= 100\% - 8,90\%$
 $= 91,10\%$

4.1.2 Perencanaan campuran (job mix)

Perhitungan *mix design* mortar geopolimer dilakukan berdasarkan *mix design* yang telah direncanakan. untuk perbandingan agregat dan binder adalah 65 : 35, dengan perbandingan alkali dan *fly ash* yang dipalaki sebesar 38% : 62%, benda uji di buat dengan ukuran benda uji 50 × 50 × 50 mm. berat jenis mortar adalah sebesar 2200 kg/m³. Perhitungan untuk *mix design* mortar per 1 m³ adalah sebagai berikut:

- Untuk mendapatkan berat agregat untuk 1m³ yang digunakan yaitu persentase agregat (%A) rencana diaklikan dengan berat jenis mortar (γ_{mortar})

$$\text{Berat agregat} = \frac{\frac{65}{100} \times 2200 \text{ Kg/m}^3}{1 \text{ m}^3} = 1430 \text{ kg}$$

- Untuk mengetahui berat binder dalam 1 m³ yang dapat digunakan berdasarkan persentase rencana binder (%B) dikalikan dengan berat jenis mortar (γ_{mortar}) :

$$\text{Berat binder} = \frac{\frac{35}{100} \times 2200 \text{ Kg/m}^3}{1 \text{ m}^3} = 770 \text{ kg}$$

- Untuk mendapatkan berat *fly ash* dan berat alkali yang digunakan, berdasarkan rasio alkali dengan *fly ash* dikalikan dengan berat binder perbandingan alkali : *fly ash* = 38% : 62% :

$$\text{Berat alkali} = \frac{38\%}{38\%+62\%} \times 770 \text{ kg} = 292,6 \text{ kg}$$

$$\text{Bera fly ash} = \frac{62\%}{38\%+62\%} \times 770 \text{ kg} = 477,4 \text{ kg}$$

- Berat KOH dan berat Na₂SiO₃ didapatkan dari perbandingan alkali yang direncanakan dikali dengan berat alkali, perbandingan SS : SH = 2:1 :

$$\text{Berat KOH} = \frac{1}{1+2} \times 292,6 = 97,53 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{2}{1+2} \times 292,6 = 195,07 \text{ kg}$$

- Kebutuhan KOH dalam 1 molar tiap 1 L didapat dari volume pada larutan dikali dengan jumlah pada molar lalu dikali dengan molekul relative (penjumlahan massa atom relative (Ar) dari

unsur-unsur senyawa yaitu, K= 39, O = 16, H = 1, total = 56

Kebutuhan KOH dalam 1 molar tiap 1 L

$$= V \times M \times Mr \text{ KOH}$$

$$= 1 \text{ L} \times 1 \text{ mol/L} \times 56 \text{ gram/mol}$$

$$= 56 \text{ gram}$$

Kebutuhan KOH dalam 12 molar tiap 1L

$$= V \times M \times Mr \text{ KOH}$$

$$= 1 \text{ L} \times 12 \text{ mol/L} \times 56 \text{ gram/mol}$$

$$= 672 \text{ gram}$$

6. Kebutuhan air dalam 1 m³ cara mendapatkan kebutuhan *aquadest* untuk melarutkan KOH yaitu timbang kebutuhan KOH dalam 12 molar (KKO) dan *aquadest* 1 liter. Siapkan gelas ukur 1 liter, lalu masukkan KOH yang sudah ditimbang, masukkan *aquadest* yang sudah disiapkan sampai batas 1 liter gelas ukur. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, kebutuhan *aquadest* untuk melarutkan 12M KOH sebesar 718 gr.

$$\text{Kebutuhan } \textit{aquadest} = 97,5 \times \frac{718 \text{ gr}}{672 \text{ gr}} = 104,21 \text{ kg}$$

Kebutuhan campuran agregat kuat tekan mortar serat 50 × 50 × 50 mm dan pada penelitian ini digunakan satuan m³ jadi untuk ukuran sampel benda uji akan dikonversikan ke m³ menjadi 0,000125m³ dalam 6 sampel adalah :

Rumus untuk mencari nilai v:

$$\begin{aligned} 1. \quad V &= \frac{50 \times 50 \times 50}{1000000} \\ &= 0,000125 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Rumus mencari kebutuhan material:

$$\begin{aligned} 1. \quad \text{Agregat halus} &= \frac{1430 \text{ kg} \times V}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= \frac{1430 \text{ kg} \times 0,000125 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= 1,07 \text{ kg} \\ 2. \quad \text{Fly ash} &= \frac{477,4 \text{ kg} \times V}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= \frac{477,4 \text{ kg} \times 0,000125 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= 0,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. KOH

$$\begin{aligned} &= \frac{97,5 \text{ kg} \times V}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= \frac{97,5 \text{ kg} \times 0,000125 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= 0,073 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Na₂SiO₃

$$\begin{aligned} &= \frac{195,1 \text{ kg} \times V}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= \frac{195,1 \text{ kg} \times 0,000125 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= 0,146 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. *Aquadest*

$$\begin{aligned} &= \frac{104,2 \text{ kg} \times V}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= \frac{104,2 \text{ kg} \times 0,000125 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \times 6 \\ &= 0,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Serat bendrat (0%) = % serat bendrat × berat *fly ash*

$$\begin{aligned} &= 0\% \times 0,36 \text{ kg} \\ &= 0 \text{ kg} \end{aligned}$$

7. Serat bendrat (0,25%) = % serat bendrat × berat *fly ash*

$$\begin{aligned} &= 0,25\% \times 0,36 \text{ kg} \\ &= 0,0009 \text{ kg} \end{aligned}$$

8. Serat bendrat (0,5%) = % serat bendrat × berat *fly ash*

$$\begin{aligned} &= 0,5\% \times 0,36 \text{ kg} \\ &= 0,0018 \text{ kg} \end{aligned}$$

9. Serat bendrat (0,75%) = % serat bendrat × berat *fly ash*

$$\begin{aligned} &= 0,75\% \times 0,36 \text{ kg} \\ &= 0,0027 \text{ kg} \end{aligned}$$

10. Serat bendrat (1%) = % serat bendrat × berat *fly ash*

$$\begin{aligned} &= 1\% \times 0,36 \text{ kg} \\ &= 0,0036 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kebutuhan benda uji dalam pembuatan mortar geopolimer untuk 6 sampel dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Mix Design Mortar Geopolimer Untuk 6 Sampel Benda Uji

Serat Bendrat		Agregat	Fly	KOH	Na ₂ SiO ₃	Aquad
Variasi Penam bahan (%)	Berat (kg)	Halus (kg)	Ash (kg)	(kg)	3 (kg)	est (kg)
0	0	1,07	0,36	0,073	0,146	0,08
0,25	0,0009	1,07	0,36	0,073	0,146	0,08
0,5	0,0018	1,07	0,36	0,073	0,146	0,08
0,75	0,0027	1,07	0,36	0,073	0,146	0,08
1	0,0036	1,07	0,36	0,073	0,146	0,08

4.1.3 Hasil pengujian kuat tekan

Untuk hasil dari pengujian kuat tekan mortar ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning dengan umur 28 hari. Dimana pengujian kuat tekan mortar menggunakan alat kuat tekan beton normal dengan menambahkan pelat besi dengan ketebalan 20 cm. Untuk nilai kuat tekan diambil dari rata-rata 6 buah benda uji berbentuk kubus dengan dimensi 50 × 50 × 50 mm. Untuk rumus perhitungan yang di pakai pada mortar geopolimer dengan penambahan serat kawat bendrat yaitu :

Konversi satuan beban (kN menjadi kg) berdasarkan persamaan (3.23)

$$w = m \times g$$

$$m = \frac{W}{g}$$

Sehingga di peroleh persamaan konversi satuan beban (kN menjadi Kg) dari persamaan diatas sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Beban (P)} &= 30 \text{ kN} \\
 &= \frac{(30 \times 1000)N}{9,80665 \text{ m/dtk}^2} \\
 &= 3059,15 \text{ kg} \\
 \text{Luas penampang (A)} &= 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}^2 \\
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{3059,15 \text{ KG}}{25 \text{ cm}^2}
 \end{aligned}$$

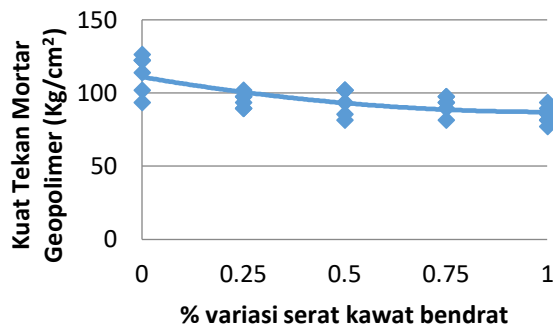
$$= 122,37 \text{ kg/cm}^2$$

Hasil pengujian kuat tekan mortar umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Geopolimer

Variasi serat kawat bendrat	No	Berat BU	Luas Cm2	KN	Kg	Kg/cm2	Rata Rata
0%	1	281	25	30	3059.15	122.37	113.53
	2	289		30	3059.15	122.37	
	3	290		25	2549.29	101.97	
	4	279		31	3161.12	126.44	
	5	283		28	2855.21	114.21	
	6	281		23	2345.35	93.81	
0,25%	1	291	25	24	2447.32	97.89	95.17
	2	288		25	2549.29	101.97	
	3	283		23	2345.35	93.81	
	4	294		24	2447.32	97.89	
	5	280		22	2243.38	89.74	
	6	282		22	2243.38	89.74	
0,5%	1	295	25	23	2345.35	93.81	94.49
	2	289		21	2141.40	85.66	
	3	294		20	2039.43	81.58	
	4	283		25	2549.29	101.97	
	5	282		25	2549.29	101.97	
	6	284		25	2549.29	101.97	
0,75%	1	279	25	23	2345.35	93.81	92.45
	2	273		24	2447.32	97.89	
	3	275		24	2447.32	97.89	
	4	276		22	2243.38	89.74	
	5	271		20	2039.43	81.58	
	6	262		23	2345.35	93.81	
1.0%	1	286	25	22	2243.38	89.74	84.98
	2	289		21	2141.40	85.66	
	3	294		20	2039.43	81.58	
	4	291		19	1937.46	77.50	
	5	287		20	2039.43	81.58	
	6	288		23	2345.35	93.81	

Pada table 4.6 terlihat nilai kuat tekan mortar geopolimer dari variasi serat kawat bendrat, nilai kuat tekan mortar tertendah diperoleh pada variasi 1 % dan tertinggi pada variasi 0%.



Gambar 4.2 Hubungan Penambahan Serat Bendrat Terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan gambar 4.2 grafik hubungan diatas dari penelitian diperoleh nilai pada pengujian kuat tekan terletak pada variasi 0% yang kuat tekan rata-ratanya 113,53 kg/cm². Nilai pada variasi 0,25% sebesar 95,17 kg/cm². Nilai pada variasi 0,5 % sebesar 94,49 kg/cm², nilai untuk variasi 0,75% sebesar 92,45% Nilai kuat tekan pada variasi 1% sebesar 84,98 kg/cm². untuk nilai kuat tekan mortar tertinggi terdapat pada variasi 0% yaitu 113,53 kg/cm² dan untuk kuat tekan terendah terdapat pada variasi 1% yaitu 84,98 kg/cm².

Tabel 1. Judul Tabel Pertama [1]

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Limbah *fly ash* digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran mortar geopolimer yang di rekasikan dengan alkali activator dan katalisator dan serat kawat bendrat sebagai penambahan pada campuran tersebut. Metode yang digunakan yaitu studi eksperimental di laboratorium. Pada penelitian ini benda uji yang digunakan berupa kubus dengan ukuran 50 × 50 × 50 mm. pengujian untuk kuat tekan mortar dilakukan pada umur mortar 28 hari dengan perawatan suhu ruang. Hasil penelitian diperoleh nilai tertinggi pada pengujian kuat tekan terletak pada variasi 0% yang kuat tekan rata-ratanya 113,53 kg/cm² dan nilai terendah terdapat pada variasi 1% dengan nilai rata-rata 84,98 kg/cm². Kesimpulan dari penelitian diperoleh bahwa mortar tergolong pada mortar tipe S dimana pada tipe S memiliki kuat tekan sebesar ≥ 52,5 Kg/cm² .dan mortar geopolimer tipe S dapat aplikasikan pada pasangan terbuka di atas tanah.

5.2 Saran

Saran pada penelitian adalah:

1. Dalam melakukan *job mix mortar geopolimer* sebaiknya menggunakan alat pelindung diri seperti sarung tangan.
2. Dalam pelaksanaan penelitian, perlu diperhatikan terkait ketelitian dan kalibrasi alat baik dalam penimbangan, perawatan maupun kuat tekan sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat.
3. Untuk penambahan serat pada campuran mortar geopolimer diharapkan menggunakan panjang serat yang berbeda dengan variasi yang berbeda
4. Sebaiknya menggunakan alat pengujian sesuai dengan campuran pengujian yang dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

- American Standard Testing and Material, 2012, ASTM C136-06 Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasa ASTM, USA.
- American Standard Testing and Material, 2019, ASTM C618-19 *chemical and physical Analyses-Fly Ash / Pozzolans*, ASTM,USA.
- Anwar, K.. dan Mawardi., 2012, Penggunaan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Pada Sebagian Semen Untuk Menambah Kekuatan Tekan Mortar, *jurnal inersia*.Vol.4 No. 2 .PP 33–42.
- Asof, M, Arita, S, Andalia, W, dan Naswir, M., 2022, Analisis Karakteristik , Potensi Dan Pemanfaatan Fly Ash Dan Bottom Ash PLTU Industri Pupuk Analysis Of Characteristics , Potential And Utilization Of Fly Ash And Bottom Ash PLTU Fertilizer Industry Received October 2021 ,*jurnal teknik kimia*,Vol 28 No.1,PP 44–50, ISSN : 2721-4885.
- Badan Standardisasi Nasional, 2016, *SNI -1970:2016, Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar*, BSN, Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional, 1996, *SNI 03-4142-1996, Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200*, BSN, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional., 2000, *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Norma*, BSN, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013, *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, BSN, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional., 2008, *SNI 1970-2008 Cara*

Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus, BSN, Jakarta.

- Badan Standardisasi Nasional., 2011, *SNI 4431-2011, Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*, BSN, Jakarta..
- Badan Standardisasi Nasional., 2014, *SNI 2816-2014 Metode Uji Bahan Organik Dalam Agregat Halus Untuk Beton*, BSN, Jakarta..
- Badan Standardisasi Nasional., 2002, *SNI 03-6285-2002 Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, BSN, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional., 2008, *SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*, BSN, Jakarta.
- Bangun, A.J., Tarigan, J., dan Perwira, A., 2021., Pengaruh Variasi Molar pada Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Pltu Pangkalan Susu. *Jurnal Syntax Admiration*, Vol.2 No.4, PP546–557. ISSN: 2722-5356.
- Indrayani., Sulianti, I., Tilik, L, F., Suhirkam, D., Suhadi., Wardana, M, P., dan Milawati, I., 2022., Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Beton Geopolimer, Vol.10 No.1, PP 69–76, ISSN 2579-3187.
- Juanita., 2021, Peningkatan Nilai Kuat Tekan Dan Perbaikan Retak-Retak Pada Beton Dengan Menggunakan *Fiber* Kawat Bendrat Bentuk “ Z ” Dengan 3 (Tiga) Variasi Campuran, *Jurnal J-Ensitem*, Vol. 08 No.01, PP 619–623, IISN: 2407-6007.
- Khoiriyah, N, L., dan Maisytoh, P., 2016, Karakteristik Mortar Geopolimer Dengan Perawatan Oven Pada Berbagai Variasi Waktu, *Jurnal Politeknologi*, Vol.15 No.1, ISSN : 2598-3954.
- Masherni., dan Amran, Y., 2020, Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Lapangan Dengan Campuran Adiktif Dan Tanpa Adiktif Pada Beton Mutu K. 300. *Jurnal Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi)*, Vol.10 No.1, PP 95–104, ISSN : 2548-6209
- Mulyati., dan Arkis, Z., 2020, Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal, *Jurnal Teknik Sipil ITP*, Vol.7 No.2, PP 78–84. ISSN : 2614-414X
- Pane, F, P., Tanudjaja, H., Windah, R, S., 2015, Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.3 No.5, PP 313-321, ISSN 2337-6732.
- Pratam, L,A., Mundias, A, H, R., dan Riyadi, M., 2021, Kinerja Serat Kawat Bendrat Sebagai Bahan Tambah Beton Fas 0.4, *jurnal teknik sipil*.Vol 3 No.1, ISSN 2655-9625.
- Resi, A, R., Hunggurami, E., dan Utomo, S., 2017, Kelayakan Pasir Kali Mas Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton Dan Mortar, *jurnal teknik sipil*, Vol.VI No.2, PP 143–150, ISSN: 2775-815X.
- Salmonda, P., 2018, Analisa Penggunaan *Pasir Pantai* Sebagai *Pengganti Agregat Halus* Terhadap *Kuat Tekan Mortar*, *Penelitian*, Program Sarjana Universitas Medan, Medan.
- Sucahyo, S. G., Nurtanto, D., dan Utami, N. M., 2023, Pemanfaatan Serat Kawat Bendrat Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer, *Berkala Sainstek*, Vol. 11 No.3, PP 182-186, ISSN: 2339-0069.
- Trimurtiningrum, R., 2018, Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tarik dan Kuat Tekan Beton. Vol.03 No.01, PP1–6, ISSN: 2502-8308.
- Wijaya ,M, F., Olivia, M., dan Saputra, E., 2019, Kuat Tekan Mortar Geopolimer Abu Terbang *Hybrid* menggunakan Semen Portland. *Jurnal Teknik*, Vol.13 No.1, PP 60–68, ISSN 2622-710x