

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mortar

Mortar adalah campuran dari semen, agregat halus (pasir), dan air yang digunakan untuk mengikat batu bata atau bahan bangunan lainnya. Mortar berfungsi sebagai perekat yang menyatukan komponen bangunan dan memberikan kekuatan serta ketahanan pada struktur (Neville A. M., 2010). Pada penelitian ini, peneliti membuat sample mortar geopolimer dengan ukuran 5x5 cm.

2.1.1 Perbedaan Mortar Konvensional dan Mortar Geopolimer

Perbedaan mortar konvensional dan mortar geopolimer terletak pada bahan pengikatnya, mortar geopolimer membutuhkan alkali aktivator untuk meraksikan alumina dan silika yang terkandung pada material *fly ash*, *silica fume* dan abu sekam padi sedangkan mortar konvensional membutuhkan semen sebagai bahan utama dan air sebagai hidrasi semen, *setting time* mortar geopolimer lebih cepat dibandingkan mortar konvensional.

Karena campuran PPC menyerap lebih banyak air, permukaan mortar PPC lebih kasar dan tidak rata, tetapi permukaan mortar geopolimer lebih rata dan halus karena campuran mortar geopolimer lebih encer daripada mortar PPC selama pencampuran. Karena *fly ash* yang berwarna coklat digunakan pada mortar geopolimer, maka mortar geopolimer memiliki warna yang lebih terang, sedangkan mortar PPC berwarna abu-abu terang. (Priastiwi et al., 2023).

2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan bahan material dalam beton yang terdiri dari batu pecah atau kerikil yang berasal dari alam atau di produksi secara buatan. Menurut SNI 1970-2008 agregat kasar adalah batu alami yang terurai dari batuan pecah dengan ukuran 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm

(No.1½ inci). Adapun syarat agregat kasar menurut ASTM C33/03 meliputi :

1. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.
2. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
3. Tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton.
4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka harus di cuci.

Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan ASTM C33/03 “*Standard Spesification for Concrete Aggregates*“

Tabel 2.1 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Presentase Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90-100	95
12,50	-	-
9,50	20-55	37,5
4,75	0-10	5
2,36	0-5	2,5

Sumber : ASTM C33/03

2.3 Material Penyusun Agregat Buatan

Material penyusun mortar geopolimer dalam penelitian ini menggunakan *fly ash*, agregat halus dan alkali aktivator sehingga menyebabkan reaksi geopolimer. Berikut adalah material penyusun :

2.3.1 Abu terbang (*Fly ash*)

Abu terbang adalah produk sampingan dari pembakaran batubara di pembangkit listrik. Ini terdiri dari partikel halus yang diterbangkan ke cerobong asap dan dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan (American Concrete Institute, 2012). *Fly ash* merupakan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), kandungan *fly ash* sebagian besar terdiri dari oksida-oksida Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3), Kalsium Oksida

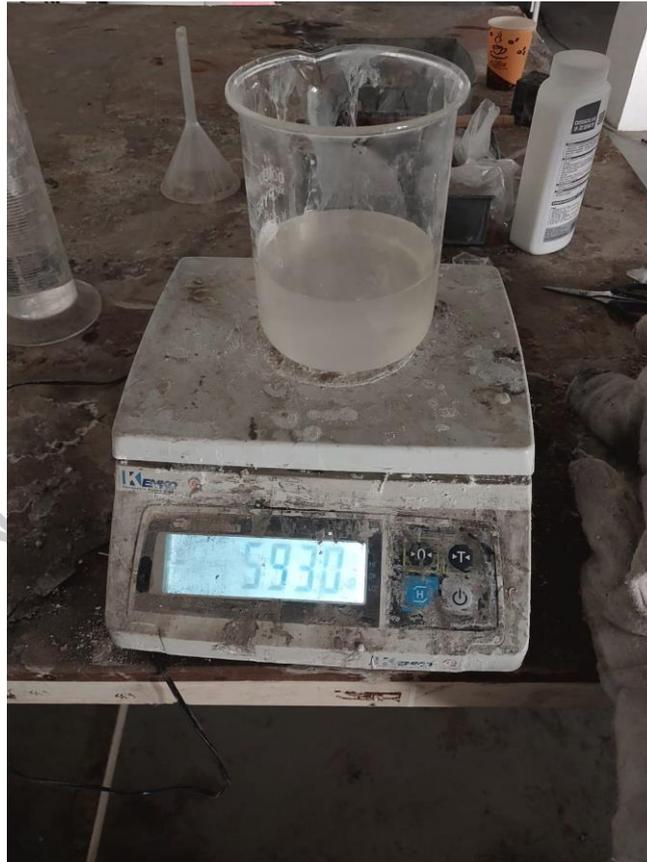
(CaO), serta potasium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah sedikit (Nugraha & Antoni, 2007).



Gambar 2. 1 Fly Ash

2.3.2 Alkali Aktivator

Alkali aktivator adalah bahan yang mengandung alkali seperti natrium atau kalium yang digunakan untuk mengaktifkan reaksi kimia pada material pozzolan, sehingga menghasilkan senyawa yang memiliki pengikat yang tinggi (Davidovits J. , 1991). Alkali activator yang digunakan pada penelitian ini adalah Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Silikat (Na_2SiO_3). Natrium hidroksida berperan penting dalam mempercepat hidrasi dan reaksi kimia lainnya dalam campuran beton, membantu dalam pembentukan senyawa yang memiliki pengikat (Mehta & Monteiro, 2006). Jenis alkali activator ini sering digunakan dan mudah ditemukan, sodium silikat sebagai bahan campuran mortar geopolimer biasanya berupa gel atau yang biasa dikenal sebagai Waterglass.



Gambar 2. 2 Alkali Aktivator

2.3.3 Abu Sekam Padi

Abu Sekam padi (RHA) adalah produk sampingan dari pembakaran sekam padi. Abu sekam padi (RHA) ini merupakan produk yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai konstruksi dan bangunan bahan. Kandungan silika yang tinggi (> 80 wt.%) menjadikan abu sekam padi sebagai sumber potensi bahan untuk menghasilkan geopolimer (Part et al., 2015)

Kandungan silika (SiO_2) yang diperoleh abu sekam padi biasanya berkisar antara 94% hingga 96%. Abu sekam padi ini diperoleh melalui pembakaran sekam padi pada suhu yang dikendalikan antara 5000 - 600oC, menghasilkan abu dengan kandungan silika yang berguna untuk berbagai proses kimia (Prasetyoko, 2001 dalam Kesuma 2013).



Gambar 2. 3 Abu Sekam Padi

2.3.4 Silica Fume

Penelitian ini menemukan bahwa penambahan silica fume pada mortar geopolimer berbasis fly ash berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan dan kuat lentur mortar. Hasil uji menunjukkan bahwa variasi penambahan silica fume menghasilkan peningkatan kuat tekan dan kuat lentur yang berbeda-beda, dengan komposisi tertentu memberikan hasil yang optimal. (Khafid et al., 2024b)

Sifat mekanik silica fume yang paling menonjol adalah kemampuannya untuk bereaksi terhadap kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang dihasilkan oleh semen pada proses hidrasi. Reaksi gel ini membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H), gel silika yang merupakan fase utama dalam pasta semen dan memberikan kekuatan beton. Kandungan SiO_2 yang tinggi dalam silica fume (sekitar 80-90%) menjadikannya bahan reaktif pozzolan yang sangat efektif. Hidrasi air dan semen dengan adanya silica fume menghasilkan C-S-H dengan struktur yang lebih padat dan kuat dibandingkan C-S-H yang terbentuk dari hidrasi semen biasa. Ini meningkatkan kekuatan tekan, kekuatan lentur, dan ketahanan beton

terhadap retak secara signifikan.



Gambar 2. 4 Silica Fume

2.3.3 Agregat Halus

Agregat halus dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain pasir alam, pasir penghancur batuan, dan limbah industri seperti *fly ash*. Pasir alam merupakan sumber agregat halus yang umum digunakan, sedangkan pasir batu pecah sering digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan agregat yang lebih kuat. Selain limbah industri seperti *fly ash* dapat digunakan sebagai alternatif agregat halus yang berkelanjutan. (Neville & Brooks, 2010).

SNI 03-6820-2002 menjelaskan tentang agregat halus yang merupakan agregat dengan ukuran butiran maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan atau pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau metode lainnya dari bantuan atau tanur tinggi. Agregat halus yang memenuhi standar SK SNI S 04-1989-F harus memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Agregat halus berbutir yang tajam dan keras
2. Agregat halus tidak pecah atau rusak akibat pengaruh cuaca

3. Tidak memiliki kandungan lumpur melebihi 5%
4. Tidak mengandung zat organik terlalu banyak, diuji dengan larutan cairan NaOH 3%. Warna cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari pada warna standar
5. Agregat halus tidak boleh tercampur dengan pasir pantai atau pasir laut
6. Modulus kehalusan partikel diantara 1,50 hingga 3,80

2.4 Perawatan (*Curing*)

Perawatan merupakan langkah penting dalam produksi mortar geopolimer karena proses ini mengoptimalkan reaksi aktivasi alkali. Mortar geopolimer bergantung pada reaksi polimerisasi antara material sumber (seperti abu terbang atau abu sekam padi) dan larutan aktivator alkali (NaOH dan Na₂SiO₃), berbeda dengan mortar berbahan dasar semen Portland yang bergantung pada hidrasi semen. Proses curing umumnya dilakukan setelah 24 jam atau satu hari setelah benda uji dicetak. Terdapat beberapa jenis *curing* yang ada salah satunya *steam curing*,

Pada penelitian ini proses *curing* yang digunakan adalah *steam curing*. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses *curing* mortar:

1. Tuangkan pasta mortar kedalam cetakan, lalu biarkan selama 24 jam di dalam.
2. Setelah 24 jam lepaskan cetakan dengan hati-hati dan pindahkan benda uji kedalam tempat perawatan.
3. Lalu lakukan *curing* dengan suhu yang sudah di tentukan.
4. Setelah melaksanakan *steam curing*, keluarkan benda uji lalu diamkan selama 7,14 dan 28 hari.
5. Ukur dan timbang berat benda uji sebelum melaksanakan pengujian.
6. Lakukan pengujian kuat tekan mortar sesuai standar yang berlaku setelah benda uji siap. (SNI 03-6825, 2002)

2.5 Kuat Tekan Mortar

Kekuatan tekan beton dan mortar adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji beton dan mortar. Pada pengujian mortar dilakukan

berdasarkan SNI 03-6825-2002 tentang “Metode pengujian kuat tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil”. Pada metode ini benda uji diletakan di atas mesin penekan kemudian benda uji ditekan sampai benda uji pecah. Pada saat pecah, dicatat besaran gaya tekan maksimum yang bekerja.

Kuat tekan mortar diperoleh dengan rumus:

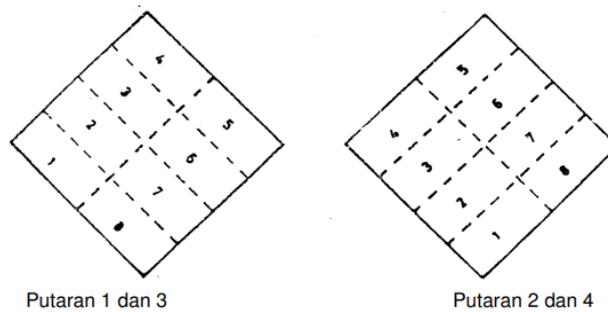
$$f_c' = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

f_c' = Kuat Tekan (MPa)

F = Gaya beban maksimum (N)

A = Luas bidang permukaan (mm²)



Gambar 2.5 Konfigurasi Tumbukan Alat Pematatan Benda Uji
Sumber : SNI 03-6825-2002

Dalam penelitian beton, berbagai pengujian mekanik dilakukan untuk menilai karakteristik material dan ketahanannya terhadap beban yang diberikan. Salah satu uji utama adalah uji kuat tekan, yang bertujuan untuk mengukur kemampuan beton dalam menahan tekanan hingga mencapai titik kegagalan. Uji ini dilaksanakan dengan meletakkan benda uji berbentuk silinder atau kubus pada mesin tekan hingga beton mencapai batas kehancuran. Karena beton umumnya berfungsi di bawah beban tekan dalam struktur bangunan, parameter ini menjadi dasar penilaian kualitas beton.

Dalam penelitian mengenai studi kekuatan mortar geopolimer sebagai bahan pembuatan agregat kasar memanfaatkan limbah *fly ash*, abu sekam padi dan *silica fume* sebagai bahan tambahan dalam campuran

mortar geopolimer dan dirawat dengan metode *steam curing* dengan suhu 100°, 80° dan 60°C dengan durasi waktu masing-masing 1 jam, uji kuat tekan menjadi pengujian yang paling relevan. Uji kuat tekan dipilih untuk mengetahui nilai kuat tekan mortar pada usia tertentu dari masing-masing variasi bahan tambahan dalam campuran tersebut, pengujian ini penting untuk memastikan bahwa mortar dengan campuran abu sekam padi 20% dan *silica fume* 20% masih memenuhi standar mutu yang dibutuhkan dalam aplikasi struktural. Oleh karena itu pengujian kuat tekan memberikan gambaran menyeluruh mengenai performa mekanik dengan tambahan abu sekam padi 20% dan *silica fume* 20%, serta memastikan kelayakannya dalam aplikasi konstruksi yang berkelanjutan dan tahan lama.

2.6 Uji Keausan Agregat Kasar

Uji keausan agregat buatan dalam penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik agregat kasar buatan dengan agregat kasar alami. Sehingga hasil dari pengujian tersebut dapat menjadi tolak ukur apakah agregat kasar buatan yang dibuat dapat digunakan berdasarkan kekuatannya.

2.6.1 Uji Abrasi (*Los Angeles*)

Menurut SNI (SNI 03-2417, 2008), uji *Los Angeles* merupakan pegangan menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan tujuan mengetahui angka keausan dengan perbandingan berat bahan aus terhadap berat bahan semula dalam nilai persen.

Cara uji dengan memasukan benda uji kedalam mesin *Los Angeles* dengan kecepatan 30 rpm sampai 33 rpm. Berat uji yang tertahan dalam saringan yang ditentukan dicuci dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{C}$) sehingga menghasilkan serat berat yang tetap.

Perhitungan keausan dapat dihitung menggunakan (SNI 2417, 2008), sebagai berikut:

$$Keausan = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat benda uji semula, dalam satuan gram (gr)

b = berat benda uji tertahan pada saringan no 12 dalam satuan gram (gr)

2.7 Analisis Kebaruan

Menurut hasil penelitian (Simanjuntak & Wardhono, 2022) yang berjudul “Analisis Kuat Tekan dan Porositas Mortar Geopolimer Menggunakan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi Fly Ash Pada Molaritas 8 Molar”. Kuat tekan mortar geopolimer dengan abu sekam padi (ASP) sebagai pengganti fly ash dalam larutan dengan molaritas 8M mencapai nilai tertinggi pada usia pengujian 28 hari. Pengujian kuat tekan mortar dengan substitusi abu sekam padi sebesar 0%, 5%, 10%, 20%, dan 25% terhadap fly ash pada suhu ruang menghasilkan nilai berturut-turut sebesar 3 MPa, 3,2 MPa, 3,33 MPa, 3,4 MPa, 3,6 MPa, dan 3,33 MPa. Sedangkan pada perlakuan suhu oven, nilai kuat tekan dengan persentase substitusi yang sama tercatat sebesar 3,13 MPa, 3,33 MPa, 3,47 MPa, 3,53 MPa, 3,8 MPa, dan 3,6 MPa. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada komposisi dengan 20% abu sekam padi sebagai substitusi fly ash, yaitu sebesar 3,6 MPa pada suhu ruang dan 3,8 MPa pada suhu oven.

Menurut penelitian (Rahman et al., 2024) yang berjudul “Pengaruh Pemberian Silica Fume Terhadap Kekuatan Tekan Grout Mortar Semen Dengan Pendekatan Practical Mixed Design”. Variasi 0% SF menghasilkan kuat tekan tertinggi pada usia tujuh dan 28 hari. Pola serupa juga terlihat pada variasi 10% dan 15% SF, di mana kedua variasi ini mengalami penurunan kekuatan pada pengujian hari ketujuh, dengan kadar 10% SF mencapai 25,6 MPa dan kadar 15% SF sebesar 21,5 MPa. Tren yang sama terjadi pada pengujian usia 28 hari, di mana kuat tekan kadar 10% SF mencapai 44,0 MPa, sedangkan kadar 15% SF hanya mencapai 39,3 MPa, menjadikannya sampel dengan kekuatan terendah di antara seluruh sampel

yang diuji. Sementara itu, variasi 5% SF menunjukkan nilai yang mendekati kontrol pada usia tujuh hari dengan kuat tekan sebesar 29,7 MPa, namun mengalami penurunan menjadi 41,4 MPa pada usia 28 hari. Hasil ini semakin memperjelas adanya perbedaan antara nilai teoritis dan hasil aktual ketika sebagian semen digantikan dengan silica fume menggunakan metode desain campuran praktis grout mortar.

Hasil analisis (Widyananto Eksi et al., n.d.) yang berjudul “Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Abu Sekam Padi dan Kapur Padam” kuat tekan mortar geopolimer berbahan abu sekam padi dan kapur padam” dapat disimpulkan bahwa semakin rendah proporsi abu sekam padi dan semakin tinggi jumlah kapur padam, maka kuat tekan mortar geopolimer cenderung meningkat. Nilai kuat tekan optimum diperoleh pada komposisi abu sekam padi:kapur padam sebesar 70:30, dengan hasil 22,31 kg/cm² pada pengujian usia 28 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa mortar geopolimer berbahan abu sekam padi dan kapur padam termasuk dalam kategori mortar tipe K, yang memiliki kuat tekan rendah. Dalam aplikasinya, mortar ini lebih cocok digunakan untuk pasangan dinding yang tidak memerlukan kekuatan struktural tinggi, seperti dinding pembatas atau dinding non-struktural lainnya.

Hasil analisis penelitian (Hardjasaputra & Patty, 2022) yang berjudul “*The Impact Of Steam Curing Temperature And Duration In Increasing The Compressive Strength Of Geopolymer Concrete*” Suhu dan durasi pematatan uap (steam curing) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tekan beton geopolimer. Suhu pematatan uap memberikan dampak yang lebih besar dalam meningkatkan kuat tekan dibandingkan dengan durasi pematatan. Pada suhu pematatan uap 100°C dengan durasi pematatan hanya 1 jam, kuat tekan beton dapat meningkat secara signifikan hingga 200% dibandingkan dengan suhu pematatan uap 60°C. Dapat disimpulkan bahwa suhu pematatan uap yang tinggi dapat mengurangi durasi pematatan dalam produksi beton geopolimer. Untuk pencapaian terbaik dalam pematatan beton geopolimer, suhu pematatan uap sebaiknya berada di kisaran 80°C hingga 100°C, dengan durasi pematatan yang cukup antara 1 hingga 2 jam.

Hasil pembahasan penelitian terdahulu, pentingnya optimalisasi molaritas NaOH, rasio Na_2SiO_3 terhadap NaOH, serta metode curing untuk meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer dan uji abrasi. Dengan memanfaatkan abu sekam padi dan silica fume sebagai bahan alternatif, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan material yang lebih ramah lingkungan dan memiliki performa mekanis yang unggul.

