

Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Sifat Mekanis Mortar Geopolimer Berbasis Fly Ash Pangkalan Susu

Rizal Syahyadi^{1*}, Kurniati², Erna Yusniyanti³, Gustina Fitri⁴, Ismail⁵

¹⁻⁵Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

*rizalsyahyadi@pnl.ac.id

Abstrak— Mortar geopolimer terdiri dari bahan campuran pasir, material pengganti semen dan alkali aktivator. Penggunaan serat dalam mortar geopolimer dapat menaikkan sifat mekanis mortar, terutama kuat lentur. Pada penelitian sebelumnya di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil PNL, telah dilakukan penelitian tentang kadar serat optimum dengan menggunakan beberapa macam serat, seperti serat pelepah pisang, serat tali rafia dan serat polipropylene. Mortar geopolimer yang telah dibuat sebelumnya berbasis fly ash (FA) Nagan Raya, Aceh. Pada penelitian ini dilakukan pengujian untuk melihat pengaruh penambahan serat terhadap kuat lentur mortar geopolimer berbasis FA PLTU Pangkalan Susu, Sumatera Utara. Penelitian FA Pangkalan Susu, merupakan pengembangan dari penelitian FA Nagan Raya. Serat yang digunakan adalah serat dari sabut kelapa, yang divariasikan kadarnya menjadi 0%; 0,2%; 0,4%; 0,8% dan 1% dari berat FA dengan panjang serat 2 cm. Larutan alkali yang digunakan adalah 10M dan rasio 1:2 berdasarkan hasil dari trial and error campuran. Benda uji balok ukuran 3x3x13 cm untuk uji kuat lentur. Pengujian kuat lentur dilakukan pada variasi umur mortar 1, 3, 7, dan 28 hari. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat lentur maksimum terjadi pada persentase serat 0,6% sebesar 5,20 Mpa, peningkatan kuat lentur mortar geopolimer terjadi sebesar 137,4% dibandingkan dengan mortar geopolimer tanpa serat sebesar 2,19 Mpa pada umur 28 hari. Penambahan serat serabut kelapa pada mortar geopolimer optimum pada persentase serat 0,6% dari berat FA. Hasil kuat lentur mortar geopolimer berbasis FA PLTU Pangkalan Susu lebih tinggi nilainya dibanding dengan mortar geopolimer Nagan Raya, namun memiliki setting time dan workability yang lebih rendah.

Kata kunci— Geopolimer, fly ash, Pangkalan Susu, sabut kelapa, kuat lentur.

Abstract— Geopolymer mortar consists of a mixture of sand, cement replacement material and alkali activator. The use of fiber in geopolymer mortar can increase the mechanical properties of mortar, especially flexural strength. In previous research at the Materials Laboratory of the Civil Engineering Department of PNL, research on the optimum fiber content has been carried out using several types of fiber, such as banana midrib fiber, raffia rope fiber and polypropylene fiber. The geopolymer mortar that was previously made was based on fly ash (FA) Nagan Raya, Aceh. In this study, a test was conducted to see the effect of adding fiber to the flexural strength of geopolymer mortar based on FA PLTU Pangkalan Susu, North Sumatra. The Pangkalan Susu FA research is a development of the Nagan Raya FA research. The fiber used is fiber from coconut coir, which levels are varied to 0%; 0.2%; 0.4%; 0.8% and 1% of the weight of FA with a fiber length of 2 cm. The alkaline solution used is 10M and the ratio is 1:2 based on the results of trial and error mixture. The beam test object is 3x3x13 cm for the flexural strength test. Flexural strength testing was carried out on variations in the age of mortar 1, 3, 7, and 28 days. From the test results, the maximum flexural strength value occurred at 0.6% fiber percentage of 5.20 Mpa, the increase in flexural strength of geopolymer mortar occurred at 137.4% compared to non-fiber geopolymer mortar of 2.19 Mpa at 28 days of age. The addition of coconut fiber fibers to the optimum geopolymer mortar at a fiber percentage of 0.6% by weight FA. The yield of flexural strength of geopolymer mortar based on PLTU Pangkalan Susu is higher in value than that of Nagan Raya geopolymer mortar, but has lower setting time and workability.

Keywords— Geopolymer, fly ash, Pangkalan Susu, coconut fiber, flexural strength.

I. PENDAHULUAN

Mortar banyak digunakan untuk kebutuhan pembangunan konstruksi bidang teknik sipil. Umumnya digunakan untuk pekerjaan non struktural, seperti pekerjaan pasangan, plesterah, rabat beton, ornamen-ornamen gedung/ pagar dan lainnya. Mortar yang sering digunakan terbuat dari bahan semen, pasir halus dan air. Untuk mengurangi penggunaan semen, telah dicoba teliti berbagai material lain yang dapat menggantikan semen. Salah satu alternatif pengganti semen tersebut adalah menggunakan teknologi geopolimer, dimana mortar yang dihasilkan disebut dengan mortar geopolimer.

Mortar geopolimer merupakan mortar tanpa semen yang ramah lingkungan, karena menggunakan material pengganti semen berupa abu terbang (fly ash) yang merupakan limbah industri. Fly ash mengandung logam berat dan mudah larut dalam air, sehingga penggunaan fly ash dapat menjaga kelestarian lingkungan. Fly ash juga memiliki daya ikat yang baik, dan lebih tahan terhadap korosi larutan garam.

Dalam pembuatan mortar geopolimer digunakan alkali aktivator berupa natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3) dengan takaran yang telah optimum untuk

mempercepat reaksi polimerisasi (proses reaksi kimia), natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksi unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan yang kuat sedangkan natrium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi.

Pengujian mortar geopolimer yang pernah diteliti Anni Susilowati dengan menggunakan persentase serat 0%, 0,2%, 0,4%, dan 0,6% dari berat fly ash. Dengan penambahan serat serabut kelapa dapat meningkatkan kuat tekan paving block pada varian 0,2%. Kuat lentur tertinggi paving block dihasilkan oleh varian 0,6%. Penambahan serat serabut kelapa pada paving block mempunyai kecenderungan menaikkan kuat lentur paving block. Kadar serat optimum terhadap kuat lentur belum dapat ditentukan karena dari hasil pengujian yang dapat dinilai dari setiap variasi serat serabut kelapa masih terus naik.

Dilihat dari keberhasilan penelitian diatas, terlihat jelas bahwa terjadi perubahan sifat mekanis mortar geopolimer, namun dalam banyak penelitian masih sulit ditemukan bagaimana merubah kuat lentur menjadi lebih baik dari penelitian sebelumnya. Seperti yang pernah dilakukan pada penelitian di Laboratorium Politeknik Negeri Lhokseumawe, mengenai pembuatan ornamen mortar geopolimer dengan

beberapa percobaan menggunakan penambahan serat, seperti menggunakan serat sintetis dan alami.

Ornamen sendiri memiliki kekurangan salah satunya adalah mudah patah, hal ini disebabkan dari kuat lentur yang masih rendah. Maka penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki kuat lentur dengan cara menambahkan serat alami yaitu serat serabut kelapa.

Mortar geopolimer adalah mortar dengan bahan pengikat yang sepenuhnya tidak menggunakan semen sebagai pengikat, tetapi menggunakan fly ash sebagai pengganti semen, karena kandungan silica dan aluminiumnya sangat tinggi. Fly ash yang digunakan diaktifkan dengan larutan alk ali berupa natrium hidroksida dan natrium silikat sebagai katalisatortnya (Khoiriyah & Maisytoh, 2016).

Adapun kelebihan mortar geopolimer yaitu tahan terhadap serangan asam sulfat, mempunyai rangkai dan susut yang kecil, tahan terhadap reaksi alkalisilika, tahan terhadap api, dan mengurangi polusi udara. Disamping kelebihannya mortar geopolimer juga memiliki kekurangan diantaranya pembuatannya sedikit lebih rumit dari mortar konvensional karena jumlah material yang digunakan lebih banyak daripada konvensional serta belum ada perhitungan mix design yang pasti [1].

Bahan pengikat geopolimer adalah sistem anorganik 2-komponen yang terdiri atas : Komponen solid yang memiliki SiO₂ dan Al₂O₃ dalam jumlah yang cukup untuk bisa bersenyawa (seperti abu terbang, pozzolan, slag dan lain sebagainya). Cairan alkalin sebagai cairan aktivator yang memiliki alkali hidroksida, silica, alumina, carnon, dan sulfat atau kombinasi keduanya. Pada saat komponen solid dan komponen aktivator dicampur, maka terjadi proses pengerasan yang disebabkan oleh terbentuknya aluminasilicate network yang bervariasi antara amorphous dan crystalline [2].

Salah satu bahan tambah mortar ialah serat (fiber). Mortar yang diberi bahan tambah serat disebut mortar serat (fiber concrete). Serat dalam mortar berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan mortar lebih daktil dari pada mortar biasa. Keuntungan penggunaan serat adalah dapat meningkatkan beban kejut (impact resistance), ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap pengaruh susut, dapat meningkatkan kekuatan lentur (flexural strength) dan meningkatkan kekuatan geser balok beton atau mortar serat. Penggunaan serat di dalam mortar dihitung berdasarkan persentase berat serat terhadap berat semen atau pengganti semen [3]

Serat ini mempunyai sifat sebagai tulangan mortar dan agregat berfungsi sebagai pengisi dan penguat. Penggunaan kadar yang terlalu sedikit atau terlalu banyak tidak menghasilkan efek yang baik terhadap mortar. Jika serat yang digunakan terlalu banyak maka akan mengurangi kekecekan mortar dengan sangat drastis. Mortar akan sulit dipadatkan dan banyak rongga udara yang terjebak di dalam nya. Persentase optimum serat dapat ditentukan berdasarkan rekomendasi pabrik yang memproduksi serat tersebut. Persentase optimum serat antara lain dipengaruhi oleh bentuk, aspek rasio (perbandingan antara panjang dan diameter) dan jenis material yang digunakan. Diperlukan pengujian trial mix untuk mendapatkan mortar yang baik dengan kekecekan yang cukup [4].

Penelitian ini menggunakan fly ash sebagai solid material. Fly Ash merupakan material hasil sampingan (by-product) industri salah satunya adalah sisa hasil proses pembakaran

batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) material ini banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki kinerja beton. Material abu terbang dikategorikan dalam material “pozzolon” yakni material siliceous atau aluminous yang didalamnya terdapat sedikit sekali atau tidak sama sekali material cementious sebagaimana yang dimiliki Semen Portland. Material abu terbang dapat saja bereaksi secara kimia dengan cairan alkalin pada temperatur tertentu untuk membentuk material campuran yang memiliki sifat seperti semen [5].



Gambar 1. Fly Ash

Serabut kelapa adalah salah satu biomassa yang mudah di dapatkan pada hasil sampingan pertanian. Buah kelapa memiliki komposisi sabut sebesar 35% dari berat keseluruhan buah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari serat (fiber) dan gabus (pitch) yang menghubungkan satu serat dengan serat yang lainnya. Sabut kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus [6].



Gambar 2. Serat Serabut Kelapa

Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi. Dalam pembuatan mortar geopolimer dengan penambahan serat serabut kelapa ini, aktivator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃). Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan unsur lain bereaksi. Pada penelitian mortar geopolimer alkali aktivator yang digunakan adalah sodium hidroksida yang mengandung

silika yang merupakan asam kuat maka akan bereaksi dengan basa kuat. Natrium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Sedangkan natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat [7].

Natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung didalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Natrium hidroksida (NaOH) yang tersedia umumnya berupa serpihan dengan kadar 98%. bagai aktivator, natrium hidroksida harus dilarutkan terlebih dahulu dengan air sesuai dengan molaritas yang diinginkan. Larutan ini harus dibuat dan didiamkan setidaknya selama satu malam sebelum pemakaian [2].

Natrium silikat merupakan larutan alkali yang mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Reaksi terjadi secara lebih cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silikat seperti natrium silikat ataupun potassium silikat, dibandingkan dengan larutan alkali yang banyak mengandung larutan hidroksida. Antara fly ash dan natrium silikat membentuk ikatan yang sangat kuat namun banyak terjadi retakan-retakan antar mikrostrukturnya. Natrium silikat terdapat dalam 2 bentuk, yaitu padatan dan larutan dimana untuk campuran beton lebih banyak digunakan dengan bentuk larutan. Natrium silikat atau yang lebih dikenal dengan water glass, pada mulanya digunakan sebagai campuran dalam pembuatan sabun. Dalam perkembangannya, natrium silikat dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, antara lain untuk bahan campuran semen, pengikat keramik, coating, campuran cat serta dalam beberapa keperluan industri, seperti kertas, tekstil dan serat. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa natrium silikat dapat digunakan untuk bahan campuran dalam beton.

Material penyusun beton merupakan hal yang sangat menentukan kekuatan beton. Oleh karena itu, analisis material harus terus dilakukan untuk menjamin kualitas beton yang diproduksi. Analisis agregat dilakukan walaupun hanya sebagai bahan pengisi, tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam proses pembuatan beton [8].

Kandungan kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat kering yang dinyatakan dalam persentase. Berat air yang terkandung dalam agregat memiliki pengaruh yang besar pada pekerjaan (SNI 03-1971-1990).

Kandungan air agregat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus dari job sheet pengujian bahan II sebagai berikut :

$$\text{Kandungan air agregat} = (A_1 - A_2) / A_2 \times 100\% \quad (1)$$

Dimana :

- A₁ : Berat contoh semula (gram)
- A₂ : Berat contoh kering (gram)

Berat jenis berguna untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Penyerapan (absorbs) adalah persentase air yang dapat diserap pori-pori terhadap berat agregat kering (SNI 03-1970-1990).

Beberapa teori rumus perhitungan dari job sheet pengujian bahan II yang berhubungan dengan pengujian agregat halus adalah sebagai berikut :

$$\text{Apparent specific gravity} = E / (E + D - C) \quad (2)$$

Bulk specific gravity over dry (berat jenis kering oven) dihitung dengan persamaan = $B / (B + D - C)$ (3)

Bulk specific gravity SSD (berat jenis kering permukaan) dihitung dengan persamaan = $B / (B + D - C)$ (4)

$$\text{Persentase penyerapan (absorpsi)} = (E - E) / E \times 100\% \quad (5)$$

Dimana :

- A : Berat Piknometer (gram)
- B : Berat benda uji kondisi SSD (gram)
- C : Berat piknometer + air + benda uji (gram)
- D : Berat piknometer + air (gram)
- E : Berat benda uji kondisi OD/kering oven (gram)

Analisa saringan adalah sebuah analisis untuk mengetahui distribusi ukuran agregat dengan menggunakan saringan-saringan dengan standar tertentu yang ditunjukkan dengan ukuran lubang saringan (mm). Perhitungan analisa saringan adalah persentase berat benda uji yang tertahan dan lolos pada masing-masing saringan terhadap berat total benda uji (SNI 03-1968-1990).

Modulus kehalusan (FM) dapat ditentukan berdasarkan teori rumus dari job sheet pengujian bahan II sebagai berikut :

$$\text{Persentase tertahan} = (\text{Berat Tertahan} \times 100) / (\text{Berat Benda Uji}) \quad (6)$$

Persentase lolos kumulatif = persentase lolos kumulatif baris pertama – persentase tertahan baris ke dua (7)

$$\text{Persentase tertahan kumulatif} = 100 - \text{persentase lolos kumulatif} \quad (8)$$

$$\text{FM} = (\text{Total Persentase tertahan kumulatif}) / 100 \quad (9)$$

Agregat yang berasal dari sungai perlu dilakukan pengujian kadar lumpur. Lumpur adalah partikel-partikel tanah yang dapat melewati saringan No. 200 dan kadar lumpur yang terkandung dalam material agregat memiliki pengaruh yang besar pada proses pengikatan beton juga dalam pengerasannya. Adapun beberapa pengaruh yang diakibatkan oleh kandungan lumpur adalah mengurangi kekuatan beton beserta berat isinya, membuat terkelupas dan lunturnya warna beton, menjadi pemicu terhadap serangan karat, menghambat proses hidrasi semen, dan mengurangi daya lekat antar agregat sehingga dapat mempengaruhi mutu beton.

Pengujian kadar lumpur pada agregat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari job sheet pengujian bahan II sebagai berikut :

$$\text{Kadar lumpur} = (A_1 - A_2) / A_1 \times 100\% \quad (10)$$

Dimana :

- A₁ : Berat kering oven sebelum dicuci
- A₂ : Berat kering oven setelah dicuci

Campuran beton yang baik materialnya harus bebas dari kandungan bahan organik karena dapat mengganggu proses pengikatan. Pengujian kadar organik halus tidak dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasilnya. Hasil akhir hanya dianalisis berdasarkan perubahan warna pada agregat halus yang telah dicampur dengan air dan larutan hidoksida (3%).

Adapun kemungkinan warna yang timbul pada pemeriksaan kadar organik agregat halus adalah cairan berwarna jernih menunjukkan agregat halus bebas dari bahan organik, cairan berwarna kuning menandakan agregat halus dapat digunakan untuk campuran beton, dan cairan warna kuning tua menyatakan agregat halus mengandung zat organik, jika agregat tersebut tetap digunakan pada campuran beton, maka agregat tersebut harus dicuci terlebih dahulu sampai bahan organiknya menghilang.

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton/mortar. Hal ini sangat diperlukan dan berpengaruh pada cepatnya pengerasan mortar.

Pengujian mortar yang akan dilakukan meliputi :

Pengukuran workabilitas pada mortar beton dilakukan dengan pemeriksaan meja getar atau flow table sesuai dengan ASTM CI24-39. Hasil test ini menunjukkan konsistensi mortar dengan mengukur tingkat penyebaran campuran ketika menerima sentakan pada flow table selama 15 kali dalam 15 detik. Nilai fluiditas didefinisikan sebagai peningkatan diameter penyebaran mortar segar (D dalam cm) dikurangi diameter sebelumnya (10 cm) [9].

Pengikatan adalah perubahan bentuk dari bentuk cair menjadi bentuk padat. Waktu ikatan awal semen (initial setting time) yaitu waktu dari pencampuran semen dan air sampai kehilangan sifat keplastisannya sedangkan waktu pengikatan akhir (final setting time) adalah waktu sampai pastinya menjadi massa yang keras. Waktu ikat awal semen didapat ketika penurunan mencapai 25 mm. Berdasarkan (ASTM C-19), langkah pengujian adalah dengan melepaskan jarum vicat berdiameter 1 mm ke dalam adukan semen selang waktu 15 menit, jarak memindahkan jarum minimal 1 cm, setiap kali jarum diturunkan dicatat penurunannya. Waktu pengikatan awal diperoleh jika penurunan mencapai 25 mm [10].

Workability adalah kemudahan suatu campuran beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan. Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Beberapa unsur yang mempengaruhi workability, yaitu :

- Jumlah air campuran
Semakin banyak jumlah air yang digunakan, maka semakin mudah beton dikerjakan.
- Kandungan semen
Penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai FAS (faktor air semen) tetap.
- Gradasi campuran pasir dan kerikil
Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan. Gradasi adalah distribusi ukuran dari agregat berdasarkan hasil persentase berat yang lolos pada setiap ukuran saringan dari analisa saringan.
- Bentuk butiran agregat

Agregat yang memiliki bentuk bulat, lebih mudah untuk dikerjakan.

- Cara pemadatan dan alat pemadat
Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kececekan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan.

Secara matematis rumus fluiditas adalah sebagai berikut :

$$\text{Flow} = (D - 10) \times 100/10 \quad (11)$$

Dimana :

D = Penyebaran diameter mortar.

Sifat mekanis yang penting lainnya yang digunakan pada beton tidak bertulang adalah kuat lentur. Kuat lentur juga dikenal dengan istilah Modulus of Rupture (MOR) biasanya digunakan untuk perencanaan jalan raya dan lapangan terbang. Kuat lentur beton dapat diuji mengikuti standar BS 1881 : Part 118 : 1993 atau ASTM C 78-94 [12] [13]. Nilai lentur maksimum diperoleh dari beton biasa (tanpa ada tulangan) yang diletakkan diatas 2 tumpuan kemudian dibebani pada setiap 1/3 dari bentang sehingga menghasilkan momen lentur yang mengalihkan tegangan-tegangan tarik pada bagian bawah dan tegangan-tegangan tekan pada bagian atas balok.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Material dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah fly ash yang berasal dari PLTU Pangkalan Susu, fly ash diambil langsung di Laboratorium Uji Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini berupa natrium hidoksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃). Serat serabut kelapa yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari usaha rumahan penjual serabut kelapa yang terletak di jalan Elak. Agregat halus yang akan digunakan berukuran < 4,75 mm yang tersedia di Laboratorium Politeknik Negeri Lhokseumawe. Dalam penelitian ini peralatan yang digunakan merupakan peralatan yang tersedia di Laboratorium Uji Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Peralatan yang digunakan seperti, concretemixer, spatula, palu karet, mesin uji tekan, timbangan, gelas ukur, oven, cetakan beton, dan lain- lain.

Dalam penelitian ini, fly ash yang digunakan merupakan fly ash yang berasal dari PLTU Pangkalan Susu. Fly ash telah berbentuk serbuk dengan ukuran partikel sama dengan partikel OPC (ordinary portland cement). Fly ash yang digunakan merupakan fly ash kelas C. Agregat halus yang digunakan tersedia dilaboratorium Politeknik Negeri Lhokseumawe. Agregat halus dengan butiran lolos saringan 4,8 mm serta sesuai dengan standar yang diisyaratkan pada SNI. Spesifikasi agregat halus yang digunakan adalah agregat halus yang berukuran < 4,75 mm. Dalam penelitian ini, kombinasi larutan natrium hidoksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃) dipilih sebagai aktivator alkali. Natrium silikat yang berbentuk gel dipasok oleh CV. Rudang Jaya Medan. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades yang telah disediakan di laboratorium beton jurusan teknik sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Penelitian ini merupakan sebuah kegiatan eksperimental di laboratorium, dimana kegiatan di laboratorium ini diawali dari pembuatan campuran beton geopolimer 8 Molaritas dengan penambahan kadar serat dan panjang serat. Alkali aktivator yang digunakan berupa NaOH dan Na₂SiO₃. Untuk mendapatkan nilai kuat lentur yang sesuai dengan persyaratan SNI, maka dilakukan pengujian terhadap benda uji pada usia 1, 3, 7, dan 28 hari.

Dalam penelitian ini untuk mendapatkan hasil kuat lentur yang maksimal pada mortar geopolimer untuk pengujian mortar yang menggunakan campuran fly ash diperlukan beberapa percobaan dari segi komposisi maupun teknik pelaksanaannya. Komposisi campuran terdiri dari beberapa komposisi bahan material atau mix design seperti pasir, fly ash, agregat halus dan serat serabut kelapa. Sedangkan aktivatornya yaitu larutan alkali berupa natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃) 8 M.

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini bentuk dan ukurannya disesuaikan dengan standar pengujian yang berlaku. Benda uji yang dipakai pada penelitian ini adalah mortar dengan ukuran 3 cm x 3 cm x 13 cm untuk pengujian kuat lentur. Untuk pengujian dilakukan setelah beton umur 1, 3, 7 dan 28 hari.

Setelah semua material siap untuk proses pencampuran, selanjutnya Fly ash, agregat dan serat serabut kelapa di campur hingga merata dengan baik berdasarkan komposisi campuran yang telah ditentukan. Material yang telah tercampur merata ditambahkan alkali aktivator lalu diaduk kembali sampai mencapai adukan yang siap dicetak kedalam cetakan yang telah disiapkan sebelumnya.

Pengujian workability menggunakan alat flow table dilakukan dengan membasuh pelat dasar lalu cetakan kerucut diletakan ditengah-tengah meja (pelat). Setelah pengadukan mortar diisi kedalam cetakan dalam dua lapisan dan dipadatkan dengan alat penumbuk dengan cara ditusuk sebanyak 20 kali setiap lapisan, kemudian permukaan mortar diratakan dengan spatula. Cetakan kerucut diangkat dari campuran geopolimer segar dengan arah vertikal ke atas. Alat flow table mulai bekerja dengan ketukan sebanyak 25 kali oleh ketukan ini mortar akan bergerak melebar mengisi permukaan meja sampai mencapai diameter tertentu.

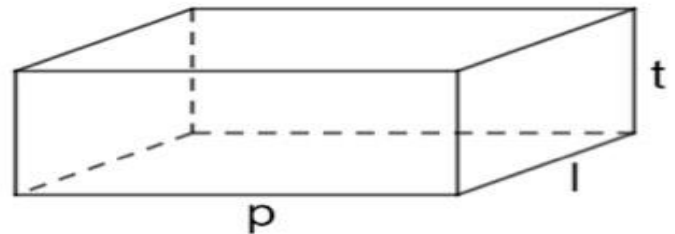
Workability dilakukan untuk memprediksi flow abilitas campuran geopolimer segar selama aplikasi. Workability campuran geopolimer segar dalam penelitian ini diukur dengan alat flow tabel aliran sesuai dengan standar ASTM C230. Workability campuran geopolimer segar diukur dengan mengambil rata-rata dua diameter tegak lurus. Rata-rata dua diameter tegak lurus menunjukkan peningkatan atau penurunan workability campuran geopolimer segar.

Pengujian setting time dilakukan setelah pencampuran mortar selesai dilakukan. Tujuan pengujian ini untuk menentukan waktu yang diperlukan untuk terjadinya perubahan mortar geopolimer dari keadaan fluid (cair) ke keadaan rigld (kaku) menggunakan alat vicat test sesuai dengan standar ASTM C191 dan AASHTO 131. Initial setting time (pengikatan awal) yaitu waktu dari pencampuran sampai kehilangan sifat keplastisannya sedangkan final setting time (waktu pengikatan akhir) adalah waktu sampai mortar menjadi masa yang keras.

Prosedur uji setting time dilakukan dengan cara campuran mortar geopolimer dimasukan kedalam mangkuk cetakan sepenuhnya dan permukaan diratakan dengan spatula

kemudian cetakan diletakan dibawah jarum vicat, sehingga jarum vicat bersinggungan dengan permukaan mortar. Kemudian jarum vicat diatur pada angka 0, pluyer pertama dilepaskan setelah mortar dimasukkan ke dalam mangkuk cetakan, dan jarum dibiarkan masuk kedalam mortar selama 10 detik kemudian baca dial jarum. Penetrasi dicatat setiap 1 menit hingga mencapai initial setting dan setiap 1 menit hingga mencapai final setting. Hal ini dilakukan untuk memantau kecepatan reaksi dalam sistem geopolimer.

Pengujian yang dilakukan berupa uji kuat lentur sehingga memiliki bentuk benda uji berupa balok dengan ukuran 3 cm x 3 cm x 13 cm dengan ukuran sebagai berikut :



Gambar 3. Cetakan benda uji kuat lentur

Untuk proses perawatan (Curing) dilakukan setelah mortar mencapai final setting, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat.

Perawatan ini tidak hanya dimaksud untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksud untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Pengujian kuat lentur menggunakan benda uji balok berukuran 3 × 3 × 13 cm yang telah dilakukan curing selama 28 hari. Benda uji tersebut kemudian ditimbang dan diukur dimensinya, selanjutnya diberi tanda untuk letak pembebanan di setiap 1/3 D. Selanjutnya benda uji diberi beban dengan kecepatan konstan berkisar antara 0,04 MPa – 0,06 MPa setiap detiknya sehingga diperoleh beban maksimum yang bekerja pada benda uji.

Jenis penelitian terhadap penambahan serat serabut kelapa merupakan jenis penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan suatu penelitian yang dilakukan secara sengaja pada suatu variabel dengan campuran variabel lainnya dengan cara tertentu yang bertujuan variabel tersebut dapat berpengaruh, sehingga memperoleh hasil sesuai dengan penelitian yang diteliti.

Teknik pengumpulan data, didapatkan dengan metode eksperimen berupa rangkaian percobaan dan pengujian yang dilakukan pada benda uji.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sifat Fisis Agregat Halus

Pengujian sifat fisis agregat ini meliputi pengujian kadar air, berat jenis, pemeriksaan berat volume, analisa saringan,

pemeriksaan kadar lumpur, dan pengujian kadar organik. Tujuan dari pengujian sifat fisis terutama terhadap agregat halus ialah untuk mengetahui kualitas agregat halus yang digunakan untuk keperluan campuran mortar geopolimer.

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini tersedia dilaboratorium Politeknik Negeri Lhokseumawe dengan ukuran < 4.75 mm. Hasil observasi dari pengujian sifat fisis adalah sebagai berikut :

TABEL I
HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIS AGREGAT HALUS

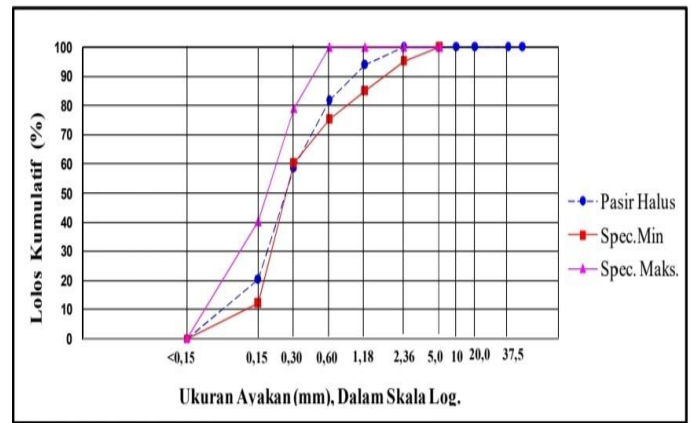
No.	Jenis Pengujian	Hasil analisa rata-rata	Standar ASTM	Satuan	ASTM
1	Berat volume	1675	>1445	Kg/m ³	ASTM C 29-1991
2	Berat jenis (SSD)	2,612	1,6 - 3,2	Kg/m ³	ASTM C 128-15
3	Fine modulus	2,46	2,3 - 3,1	-	ASTM C 33-01
4	Absorpsion	3,503	Max 12 %	%	ASTM C 128-15
5	Kandungan air	2,49	Max 10 %	%	ASTM C 566-13
6	Kadar lumpur	2,02	5%	%	ASTM C 117-13
7	Kadar organik	Kuning muda	Standart color chart organik impuriti es	-	ASTM C 4092

Dari Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sifat-sifat fisis agregat halus semuanya memenuhi ketentuan yang disyaratkan ASTM C 33-01. Selanjutnya untuk hasil pemeriksaan terhadap analisa saringan pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan		Kumulatif		Spek. BS 882-92 Zona-3 (Agak Halus)	
	Berat (gr)	Perse n (%)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Min	Maks
	I	Rata-Rata				
5	0	0	0	100	95	100
2,36	30,6	6,13	6,13	93,87	85	100
1,18	60,7	12,13	18,26	81,74	75	100
0,6	115,6	23,12	41,38	58,62	60	79
0,3	193,1	38,62	80	20	12	40
0,075	100	20	100	0	0	0
Jumlah	500		245,76			
FM			2,46			

Tabel 2 menunjukkan hasil analisa saringan agregat halus pasir yang masuk dalam zona 3 yaitu dengan kondisi pasir agak halus. Dengan memperoleh data modulus kehalusan agregat halus 2.46 yang telah memenuhi persyaratan ASTM C33-01.

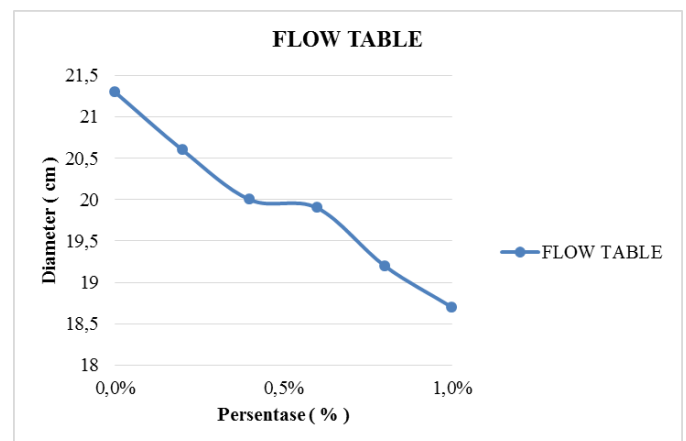


Gambar 4. Kurva gradasi agregat halus.

Dari Gambar 4 hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan gradasi untuk agregat halus berada dalam batas-batas yang disyaratkan dalam spesifikasi ASTM C33-01, dimana gradasinya masuk pada Zone III yang merupakan daerah gradasi pasir agak halus. Modulus Halus Butih (MHB) merupakan suatu indeks yang dipakai untuk menjadi kehalusan atau kekasaran butih-butir agregat.

1.) Pengujian Karakteristik Geopolimer Mortar Workability:

Workability campuran geopolimer segar sangat dipengaruhi oleh permukaan partikel dari material. Permukaan fly ash yang berkarat menyebabkan penyerapan larutan alkali oleh permukaan partikel fly ash. Ini menunjukkan bahwa material fly ash akan menurunkan workability, larutan alkali juga memainkan peran penting dalam peningkatan workability. Hal ini disebabkan pelumasan larutan alkali yang memberikan viskositas (kekentalan) dalam campuran geopolimer segar.



Gambar 5. Workability mortar geopolimer.

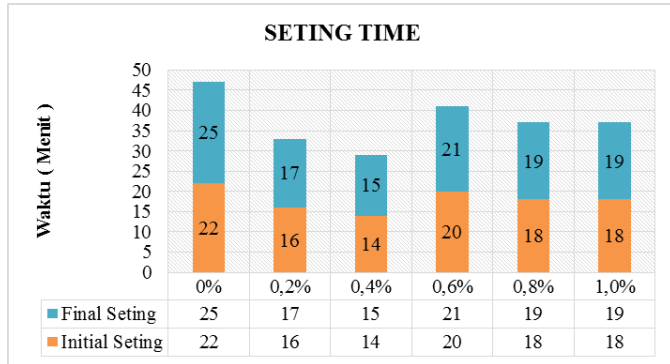
Gambar 5. menunjukkan pengujian workability menggunakan alat flow table dengan mengukur diameter sebaran mortar geopolimer yang ditambahkan serat serabut kelapa dengan variasi 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, dan 1% dari berat fly ash.

Penambahan serat serabut kelapa dalam adukan akan menurunkan workabilitas, dimana penurunan workabilitas aduk tersebut sejalan dengan penambahan konsentrasi serat. Ini dikarenakan penambahan kadar serat yang semakin tinggi

akan cenderung menggumpal dan sulit tersebar merata dalam proses pengadukan.

2.) *Setting time*

Final setting time pada campuran geopolimer segar tergantung dari material dan larutan dalam pencampuran geopolimer segar. Diketahui bahwa penambahan serat menyebabkan penurunan seting time dalam sistem geopolimer. Pada pengujian waktu pengikat (setting time) ditinjau pengaruh waktu yang telah terjadi pada mortar dengan variasi campuran serat 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, dan 1%.

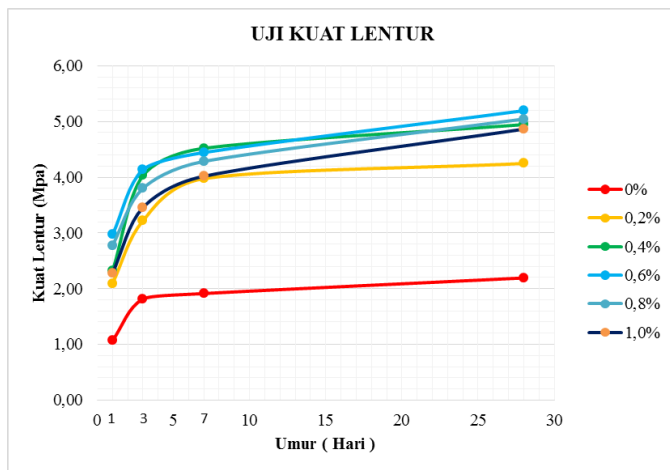


Gambar 6. Setting time mortar geopolimer.

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa penambahan persentase serat serabut kelapa pada mortar geopolimer masih belum ditemukan metode yang dapat digunakan untuk meratakan serat yang mengakibatkan grafik tidak beraturan ini dikarenakan adanya serat pada maka saat jarum jatuh ke dalam mortar jarum tertahan oleh serat yang mengakibatkan grafik menjadi tidak beraturan sehingga grafik ini masih belum dapat dijadikan acuan dalam penelitian.

B. *Pengujian kuat lentur*

Pengujian kuat lentur dalam penelitian ini digunakan benda uji berukuran 30 mm x 30 mm x 130 mm. Hasil kuat lentur yang didapat adalah berdasarkan benda uji tersebut. Berikut hasil pengujian kuat lentur dari mortar geopolimer.



Gambar 7. Kuat Lentur Mortar Geopolimer

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan penambahan serat serabut kelapa dapat meningkatkan kuat lentur. Kuat lentur maksimum terjadi pada penambahan serat

0.6 % sebesar 5.20 Mpa dari kuat lentur mortar tanpa serat. Walaupun sempat mengalami sedikit penurunan pada variasi 0.8 % dan 1 %, namun nilainya masih diatas nilai kuat lentur mortar geopolimer tanpa serat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, terhadap mortar geopolimer berbasis fly ash pangkalan susu dapat disimpulkan bahwa penambahan serat serabut kelapa pada mortar geopolimer dalam penelitian ini dapat meningkatkan kuat lentur. Kuat lentur maksimum terjadi pada penambahan serat dengan persentase 0.6% sebesar 5.20 Mpa. Terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 137.4 % dibandingkan dengan mortar tanpa serat dengan kuat lentur sebesar 2.19 Mpa.

REFERENSI

- [1] Veliyati. (2010). Pengaruh Faktor Air Binder Terhadap Kuat Tekan Dan Workability Fly Ash Based Geopolimer Mortar. Skripsi UNS 2010.
- [2] Davidovits, J. (2013). Geopolymer Cement. Geopolymer Institute.
- [3] Fajri. (2020). PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TALI RAFIA TERHADAP SIFAT MEKANIS. 73–80.
- [4] Nugraha, P. (2007). Antoni. In Teknologi Beton.
- [5] Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). Jurnal Sipil Statik.
- [6] Siswanto, E., & Gunarto, A. (2019). Penambahan Fly Ash Dan Serat Serabut Kelapa. Ukarst : Jurnal Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil, 3(1), 56–65.
- [7] Ikomudin, R. A., Herbudiman, B., & Irawan, R. R. (2016). Ketahanan Beton
- [8] Cahyaka, H. W., Wibowo, A., Handayani, K. D., Wiyono, A., & Santoso, E. H. (2019). TIM EJOURNAL Ketua Penyunting : Penyunting : Mitra bestari : Penyunting Pelaksana : Redaksi : Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya Website : tekniksipilunesa . org Email : REKATS. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, 1(1), 186–194.
- [9] Jamasri, Malau, V., Ilman, M. N., & Surojo, E. (2014). Effect of ingredients on flexural strength of friction composite. Applied Mechanics.
- [10] ASTM C191. 1999. “Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle” Annual Book of ASTM Standard. USA
- [11] ASTM C78-94. 2002. “Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)”. West conchohocken, United Stade of America: ASTM International.
- [12] BS 1881: Part 118. 1993. “Method fpr Determination of Flexural Strenght”. British Standard Institution. Geopolimer Berbasis Fly Ash terhadap Sulfat dan Klorida. Jurusan Teknik Sipil Itenas. and Materials. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.493.615>
- [13] BS 1881: Part 118. 1993. “Method fpr Determination of Flexural Strenght”. British Standard Institution. Geopolimer Berbasis Fly Ash terhadap Sulfat dan Klorida. Jurusan Teknik Sipil Itenas. and Materials. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.493.615>