

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Riau merupakan salah satu wilayah penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia. Menurut Kementerian Pertanian RI, Provinsi Riau tercatat pada akhir tahun 2023 memiliki luas perkebunan sawit 3,38 juta hektar. Peningkatan lahan menyebabkan banyaknya limbah pabrik kelapa sawit secara terus menerus. Penggunaan abu sawit hasil pembakaran ini adalah salah satu bahan dasar potensial untuk *geopolimer*. (Akbar, 2025)

Penggunaan *mortar geopolimer POFA (Palm Oil Fuel Ash)* punya arti penting di Riau, yang merupakan salah satu wilayah di Indonesia penghasil kelapa sawit terbesar. Sisa-sisa produksi dari industri kelapa sawit ini, dapat dipergunakan kembali misalnya hasil pembakaran sawit yang menjadi abu, bisa dipakai sebagai bahan pembuatan mortar *geopolimer*. Pemanfaatan limbah ini tidak hanya akan mengurangi volume limbah yang dihasilkan, tetapi juga memberikan pilihan yang lebih bersahabat dengan lingkungan dibandingkan mortar biasa yang memakai semen *Portland*.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing jenis *mortar*. Dengan menganalisis nilai porositasnya, serta mengetahui perbandingan nilai porositas yang dihasilkan pada masing-masing jenis *mortar*. Selain itu juga, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai porositas *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA* umur 28,56, hari dengan paparan suhu 100 °, 300 °, 500 ° C, Karena suhu 100 °C, 300 °C, dan 500 °C itu mewakili tahapan kerusakan dan perubahan sifat beton/*mortar* yang berbeda saat dipanaskan. Singkatnya: tiap suhu = mekanisme fisik & kimia yang berbeda dan juga dapat membandingkan nilai porositas *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA*.

Berdasarkan hal tersebut, penilitan ini bertujuan untuk menganalisis nilai porositas *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA* umur 28,56, hari

dengan paparan suhu 100°C, 300°C, 500°C, dengan harapan dapat membandingkan perbedaan nilai porositas pada masing masing material yang dapat memenuhi kebutuhan suatu konstruksi di dunia pembangunan.

Pemilihan variasi suhu 100°C, 300°C, dan 500°C dalam pengujian porositas bertujuan untuk merepresentasikan tahapan perubahan mikrostruktur material akibat paparan suhu tinggi. Suhu 100°C digunakan untuk menghilangkan kandungan air bebas (free water) dalam pori-pori material tanpa menyebabkan perubahan struktur yang signifikan. Pada suhu 300°C, mulai terjadi dehidrasi lanjutan serta perubahan pada ikatan gel hidrat seperti C-S-H pada mortar semen, yang dapat meningkatkan jumlah dan ukuran pori. Sementara itu, suhu 500°C dipilih karena pada rentang ini terjadi degradasi yang lebih signifikan, termasuk dekomposisi senyawa hidrat dan kerusakan struktur internal material, sehingga porositas meningkat secara nyata. Oleh karena itu, ketiga variasi suhu tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengaruh bertahap suhu tinggi terhadap perubahan porositas dan ketahanan material secara menyeluruh. Porositas berhubungan langsung dengan daya tahan, densitas, dan kemampuan transport air. Sebelum melakukan uji kuat tekan, peneliti ingin memastikan material cukup padat dan homogen.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa nilai porositas yang optimum terhadap *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA* setelah paparan suhu 100 °C, 300 °C, 500 ° C.
2. Bagaimana perbandingan nilai porositas mortar PCC dan mortar geopolimer umur 28 dan 56, hari dengan suhu berbeda yakni 100 °C, 300 °C, 500 ° C.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini:

1. Untuk mengetahui nilai porositas *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA* umur 28 dan 56, hari setelah paparan suhu 100 °, 300 °, 500 ° C.
2. Untuk menganalisis nilai porositas *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA* setelah paparan suhu tinggi.

1.4 Manfaat dari Penelitian ini:

1. Memberikan pemahaman dan informasi tentang nilai porositas *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA* setelah paparan suhu tinggi.
2. Mengetahui perbandingan nilai porositas *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA* 28 dan 56 hari dengan suhu 100 °C, 300 °C, 500 °C.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini fokus pada porositas *mortar PCC* dan *mortar geopolimer POFA*.
2. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 5cm x 5cm x 20 cm.
3. Menggunakan oven *furnace* CARBOLITE dengan suhu 100 °C, 300°C, 500 ° C.
4. Hasil pengujian dianalisis setelah sampel umur 28 dan 56 hari dengan suhu 100 °C, 300 °C, 500 ° C.
5. Abu sawit yang digunakan untuk melakukan penelitian ini dari PT. Rambah Sawit Mandiri Rokan Hulu.
6. Abu sawit yang digunakan adalah abu sawit yang lolos saringan no.100

BAB II

TIJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya mencakup penelitian atau kajian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai acuan untuk melakukan perbandingan dan bahan referensi dalam melakukan penelitian baru. Beberapa contoh penelitian terdahulu tentang “Analisis Nilai Porositas *Mortar PCC* dan *Mortar Geopolimer* Setelah Paparan Suhu Tinggi” adalah sebagai berikut :

1. Muhammad & Azhar (2025) dengan judul ”Pengaruh Partikel Abu Sekam Padi dan Air Laut Terhadap Kekuatan dan Porositas Mortar” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi sebagai bahan tambah dan pengganti semen 10%, serta air laut terhadap kuat tekan dan porositas mortar pada umur 7, 28, dan 56 hari. Metode yang digunakan adalah uji eksperimental mengacu pada SNI dan literatur terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada umur 7 hari, mortar tanpa abu sekam padi (N-ST) memiliki kuat tekan tertinggi (24.67 MPa), sedangkan mortar dengan abu sekam padi (GXA-ST dan GA-ST) lebih rendah. Pada umur 28 dan 56 hari, mortar GXAST menunjukkan peningkatan kuat tekan (30.45 MPa dan 36.82 MPa), sementara GA-ST memiliki kuat tekan terendah (25.53 MPa dan 28.96 MPa). Porositas pada umur 28 hari menunjukkan GA-ST memiliki porositas tertinggi (27.98%), dan GXA-ST terendah (23.47%). Pada umur 56 hari, GA-ST memiliki porositas tertinggi (21.68%), diikuti GXA-ST (19.40%) dan N-ST (39.01%). Abu sekam padi sebagai bahan tambah (GXA-ST) efektif meningkatkan kekuatan tekan dan mengurangi porositas, sementara sebagai pengganti semen (GA-ST) memperlambat kekuatan tekan dan meningkatkan porositas. Secara keseluruhan, abu sekam padi lebih efektif sebagai bahan tambah dalam meningkatkan kekuatan tekan dan mengurangi porositas, serta berpotensi mengurangi dampak pencemaran

lingkungan, sementara air laut dapat menjadi alternatif sumber daya untuk mortar.

2. Sultan MH, dkk (2025) dengan judul “Pengaruh moralitas natrium hidroksida terhadap kuat tekan dan porositas mortar ringan geopolimer” Mortar ringan merupakan salah satu alternatif inovasi material ringan sebagai upaya pencegahan kerusakan akibat gempa bumi. Produksi semen merupakan penyumbang terbesar pemanasan global, yakni menghasilkan 1 ton residu CO₂ untuk setiap 1 ton produksi OPC (Ordinary Portland Cement). Oleh karena itu, diperlukan inovasi material yang ramah lingkungan dalam bidang rekayasa material, salah satunya dengan memanfaatkan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan pengikat pengganti semen sekaligus sebagai bentuk pemanfaatan limbah. Konsentrasi aktivator alkali sangat memengaruhi kekuatan mortar. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik mortar geopolimer dengan variasi aktivator tertentu guna memperoleh informasi mengenai campuran optimum serta menentukan nilai kuat tekan dan porositas mortar geopolimer ringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar aktivator (NaOH)—dengan konsentrasi 7 M, 8 M, 9 M, dan 10 M—terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer ringan. Sebanyak 48 benda uji berbentuk kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm disiapkan untuk pengujian kuat tekan dan porositas. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji (*testing machine*) dan timbangan yang dilengkapi dengan keranjang kawat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi molaritas NaOH, semakin besar pula nilai kuat tekannya. Pada mortar geopolimer ringan dengan molaritas 7 M, kuat tekan rata-ratanya adalah 0,4 MPa; pada molaritas 8 M nilainya 0,87 MPa; pada 9 M sebesar 1,70 MPa; dan pada 10 M sebesar 2,27 MPa. Dengan demikian, diketahui bahwa kuat tekan tertinggi diperoleh saat menggunakan NaOH dengan molaritas 10 M. Di sisi lain, semakin tinggi molaritas, semakin rendah nilai porositasnya. Pada mortar geopolimer ringan dengan molaritas 7 M, nilai porositas rata-ratanya adalah 35,225%; pada molaritas 8 M nilainya 28,025%; pada 9 M sebesar 26,269%; dan pada 10 M sebesar

26,172%. Jadi, ditemukan bahwa nilai porositas tertinggi terjadi saat menggunakan NaOH dengan molaritas 7 M.

3. Nafiah AN, dkk (2025) dengan judul “Pengaruh Suhu Dan Kelembapan Terhadap Nilai Setting Time Pada Semen PCC (Portland Composit Cement) Dan OPC (Ordinary Portland Cement). Suhu dan kelembapan merupakan faktor penting dalam proses pengeringan dan pengerasan semen. Suhu pada proses pengerasan berkisar antara 10°C hingga 35°C dengan kelembapan relatif 40% hingga 60%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu dan kelembapan terhadap nilai waktu pengikatan awal dan akhir semen OPC dan PCC dalam lima kondisi lingkungan yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kelembapan, semakin lama waktu yang dibutuhkan semen untuk mengeras, baik untuk semen PCC maupun OPC. Sebaliknya, semakin rendah kelembapan, semakin cepat waktu pengikatan terjadi. Terkait peningkatan waktu pengikatan awal, semen PCC menunjukkan peningkatan sebesar 38,5%, sedangkan semen OPC sebesar 37,5%. Untuk waktu pengikatan akhir, semen OPC mengalami peningkatan yang lebih signifikan sebesar 41,65%, dibandingkan dengan PCC yang hanya sebesar 25%. Hal ini menunjukkan bahwa semen OPC memiliki waktu pengikatan akhir yang lebih cepat dan relatif kurang dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan dibandingkan semen PCC. Studi ini menyimpulkan bahwa suhu dan kelembapan secara signifikan memengaruhi waktu pengikatan semen, dengan dampak yang berbeda antara semen OPC dan PCC.
4. Linda & Herviana (2024) dengan judul “pengaruh komposisi bahan, suhu dan lama waktu pemanasan terhadap karakteristik geopolimer” Telah dilakukan pembuatan geopolimer menggunakan bahan campuran limbah bata api, serbuk basalt dan alkali aktivator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembuatan geopolimer dari campuran limbah bata api dan serbuk basalt, mengetahui sifat fisis (massa jenis, porositas, absorpsi), karakteristik morfologi, fasa kristal, komposisi unsur dan gugus fungsi. Variasi komposisi limbah bata api dan serbuk basalt yaitu 70:30% ; 80:20% ; dan 90:10% dengan variasi suhu pemanasan sebesar 60, 110, 160

dan 210°C selama 5 jam. Selanjutnya dilakukan uji fisis dan karakterisasi XRF, XRD, FTIR dan SEM-EDS. Uji fisis pada semua sampel menunjukkan hasil terbaik pada komposisi 70:30% dengan suhu pemanasan 160°C selama 5 jam diperoleh nilai porositas sebesar 50,51% dan nilai absorpsi sebesar 47,30% dengan nilai massa jenis sebesar 0,65 g/cm³. Hasil karakterisasi XRF menunjukkan Si, Fe, Al dan Ca merupakan unsur yang dominan. Hasil analisis XRD menunjukkan fasa yang terbentuk pada sampel geopolimer yaitu quartz (SiO₂), cristobalite (SiO₂), orthoclase (Si_{11.92}Al_{4.08}K_{4.00}O_{32.00}), labradorite (Ca_{2.68}Na_{1.32}Si_{9.32}Al_{6.68}O_{32.00}), siderite (Fe_{6.00}C_{6.00}O_{18.00}) dan ferrosilite (Fe_{6.40}Ca_{1.60}Si_{8.00}O_{24.00}). Hasil analisis FTIR menunjukkan terbentuknya gugus fungsi Si-O pada bilangan gelombang 1012 cm⁻¹ dan Si-O-Al pada bilangan gelombang 970-1090 cm⁻¹. Kemudian hasil SEMEDS menunjukkan adanya pori-pori dan retakan internal yang tersegmentasi di seluruh permukaan sampel geopolimer, dengan penyebaran unsur Si yang paling dominan.

5. Hadi RHP (2022) dengan judul “Analisis Pengaruh Variasi Suhu Perawatan Terhadap Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Kelas C dan NaOH 10 Molar” Semen Portland merupakan bahan utama dalam beton yang sangat dibutuhkan dalam pembangunan konstruksi. Dalam proses produksinya menghasilkan gas emisi karbon dioksida gas tersebut dapat terlepas ke udara dan mengakibatkan pemanasan global yang menjadikan industri semen menjadi salah satu penyumbang terbesar dalam sumber emisi polusi udara. Alternatif yang digunakan untuk pengganti semen yaitu abu terbang kelas C. Pada penelitian ini dilakukan suhu perawatan pada mortar geopolimer untuk mengetahui pengaruh suhu perawatan terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer berbahan dasar abu terbang kelas C dengan aktivator kombinasi antara sodium silikat dan sodium hidroksida 10 Molar. suhu perawatan dilakukan menggunakan oven dengan suhu 60°, 80°, 100° dengan lama waktu 3 jam, 6 jam, dan 24 jam. hasil menunjukkan bahwa suhu perawatan mampu meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer. kuat tekan tertinggi

dihasilkan pada suhu perawatan dengan suhu 100° selama 24 jam, kuat tekan yang diperoleh sebesar, 39,91 MPa usia 7 hari, 47,69 MPa usia 14 hari, dan 55,04 MPa usia 28 hari. dengan hasil porositas sebesar 3,5%, 2,66%, dan 2,27% pada usia 7, 14, dan 28 hari.suhu perawatan pada mortar geopolimer dengan aktivator kombinasi antara sodium silikat dan sodium hidroksida 10 Molar dapat meningkatkan kuat tekan, sedangkan hasil porositas menurun seiring meningkatnya kuat tekan.

6. Irhab & Wardhono (2022) dengan judul “Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu Perawatan Terhadap Mortar Geopolimer Dengan Abu Terbang dan NaOH 12 Molar Sebagai Bahan Dasar” Portland Cement (PC) memberikan kontribusi sekitar 7-10% dari total karbon dioksida (CO₂) secara global. Inovasi demi inovasi dilakukan untuk mengurangi atau menggantikan semen sebagai material bahan bangunan terus dikembangkan. Abu terbang adalah salah satu terobosan bahan yang digunakan untuk menggantikan semen, akan tetapi Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat material, sama halnya dengan semen yang membutuhkan aktivator berupa air, bahan ini juga memerlukan aktivator berupa Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃). Perawatan geopolimer membutuhkan suhu tinggi agar dapat mempercepat reaksi polimerisasi yang terjadi selama proses pengerasan (Wardhono et al. 2012). Dalam penelitian ini digunakan mortar geopolimer NaOH 12 Molar dengan perawatan suhu 60°C, 80°C, 100°C dan lama waktu 3 jam, 6 jam, dan 24 jam pada setiap tempratur. Hasil menunjukkan bahwa perawatan suhu mampu meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer. Kuat tekan tertinggi dihasilkan pada perawatan suhu 100°C selama 6 jam curing, Hasil dari uji kuat tekan disetiap usia (7, 14, 28) pada 100°C dalam 6 jam suhu perawatan sebesar 49.93 MPa, 40.73 MPa, 32.21 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu perawatan dapat meningkatkan kuat tekan mortar pada hari ke 7, namun kekuatan tersebut akan berkurang seiring bertambahnya usia mortar.
7. Olivia, M dkk(2022) dengan judul “Kekuatan Tekan, Porositas, Dan Daya Serap Beton Campuran Abu Bahan Bakar Minyak Sawit (POFA) Yang

Mengandung Silika Fume Dalam Air Gambut”. Beton yang menggunakan Abu Bakar Minyak Sawit (POFA) memiliki potensi untuk diaplikasikan di lingkungan asam organik seperti lahan gambut. Namun, diperlukan upaya untuk meningkatkan ketahanan beton POFA dengan menambahkan silika fume sebagai bahan pozzolan. Studi tentang campuran POFA yang diberi silika untuk penggunaan dalam kondisi asam organik masih terbatas. Penelitian ini menganalisis kekuatan tekan, porositas, dan daya serap dari beton campuran POFA dengan penambahan silika fume yang diekspos dalam air gambut. Sebagai acuan, digunakan Beton Semen Komposit Portland (PCC) dengan target kekuatan yang sama. Campuran beton POFA mengandung 0%, 20%, dan 40% POFA sebagai pengganti semen, dengan penambahan mikrosilika atau silika fume sebanyak 10% dalam setiap campuran. Beton PCC yang memiliki kekuatan target yang setara juga digunakan sebagai campuran kontrol. Ketahanan beton POFA terhadap serangan asam organik dievaluasi melalui perubahan dalam kekuatan tekan, porositas, serta daya serap pada hari ke-7, 28, dan 91. Kekuatan tekan campuran kontrol menunjukkan penurunan, sementara kekuatan tekan untuk PCC dan PCC-POFA yang mengandung silika fume mengalami peningkatan pada usia 91 hari. Porositas dan daya serap dari beton PCC serta campuran OFA menunjukkan pola yang serupa dengan kekuatan tekan. Dengan demikian, beton campuran POFA yang mengandung silika fume menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap air gambut dibandingkan dengan campuran kontrol.

8. Simanjuntak, DM (2022) dengan judul “Analisis Kuat Tekan dan Porositas Mortar Geopolimer Menggunakan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi Fly Ash Pada Molaritas 8 Molar” Produksi semen yang dilakukan secara terus-menerus berpotensi menghasilkan emisi CO₂ dan polusi partikulat yang berdampak buruk untuk menurunkan kualitas udara. Sehingga dibutuhkan alternatif penggunaan semen pada kegiatan konstruksi. Geopolimer menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan. Geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi fly ash (FA) digunakan untuk pengganti

semen merupakan pokok pembahasan penelitian ini. Adapun maksud dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana kuat tekan, porositas, dan berapa perbandingan komposisi terbaik pada mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi sebagai bahan substitusi fly ash pada molaritas 8 molar. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan sampel benda uji mortar berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Benda uji sebanyak 12 variasi mix design yang terdiri dari rasio pemakaian abu sekam padi (ASP) 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap fly ash (FA) dengan perlakuan menggunakan suhu ruang dan suhu oven. Perbandingan komposisi kadar solid aktivator yang dipakai $W/S = 1,475$ dan $SS/SH \text{ 8 molar} = 4$. Hasil yang ditunjukkan, pada usia benda uji 28 hari nilai kuat tekan optimum, porositas terkecil dan perbandingan komposisi terbaik didapatkan pada benda uji dengan rasio abu sekam padi (ASP) 20% terhadap fly ash (FA). Nilai kuat tekan optimum dan porositas terkecil yang didapatkan dengan perlakuan menggunakan suhu ruang sebesar 3,6 MPa dengan porositas 10,64% dan suhu oven sebesar 3,8 MPa dengan porositas 11,51%. Peningkatan substitusi abu sekam padi (ASP) terhadap fly ash (FA) semakin memperbesar nilai kuat tekan dan memperkecil nilai porositas benda uji.

9. Baihaqi, MJ, dkk (2022) dengan judul ‘‘ Analisis Kekerasan Dan Cacat Porositas Terhadap Variasi Temperature Pada Al-Si Dengan Metode Lost Foam Casting’’ Aluminium Silicon memiliki kelebihan dibandingkan logam lain, diantaranya bobotnya ringan, tahan terhadap korosi serta sebagai konduktor panas dan listrik. Tetapi dalam pengaplikasiannya, aluminium silicon masih memiliki kelemahan dalam sifat mekanik. Penelitian ini, bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur pada paduan Al-Si. Hasil material dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan rujukan dan masukan yang bermanfaat bagi ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan rekayasa pengecoran logam. Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu piston dilebur dahulu dalam tungku pembakaran kemudian dengan temperatur 775°C , 800°C dan 825°C dituang kedalam cetakan pasir sehingga menjadi sebuah spesimen.

Kemudian dilakukan uji kekerasan menggunakan alat uji microvickers dan cacat porositas menggunakan uji porositas. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa paduan AlSi-Styrofoam dapat meningkatkan sifat mekanik. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada temperatur 825°C sebesar 134,1 HV dengan cacat porositas 20% dan nilai kekerasan terendah terdapat pada 775°C sebesar 112,3 HV dengan cacat porositas 8,4%.

10. Syarif HA, dkk (2022) dengan judul Kuat Tekan dan Absorpsi Mortar Geopolimer Abu Sawit Portland Composite Cement dengan Variasi Suhu Tinggi” Penggunaan beton dan mortar yang semakin meningkat menuntut kekuatan material tersebut dalam serangan terhadap suhu tinggi. Beberapa upaya yang dilakukan untuk memperbaiki sifat material agar tahan terhadap suhu tinggi diantaranya menggunakan bahan tambah sebagai pengganti semen. Penelitian ini bertujuan menganalisis campuran geopolimer abu sawit yang ditambahkan Portland Composite Cement (PCC) pada mortar. Penelitian diawali dengan pengujian karakteristik material campuran seperti, abu sawit, pasir, PCC. Persentase PCC adalah 30% dari berat abu sawit. Sampel uji berukuran 5x5x5 cm dengan variasi pengujian terdiri dari 100°C, 200°C, 300°C. Jenis pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dan absorpsi pada umur 28 hari. Setelah umur 28 hari, sampel dimasukkan ke dalam oven selama 3 jam dan kemudian diuji berdasarkan variasi sampel yang ditentukan. Dari hasil yang didapat, kuat tekan variasi suhu 200°C memiliki kuat tekan tertinggi 17,5 MPa sedangkan variasi suhu 300°C memiliki kuat tekan terendah 11,5 MPa. Pada pengujian absorpsi variasi suhu 300°C memiliki nilai absorpsi terbesar 5,77%, sedangkan variasi suhu 200°C memiliki absorpsi terkecil sebesar 2,28%. Dari data hasil pengujian dapat disimpulkan adanya pengaruh suhu pada mortar geopolimer. Pengaruh tersebut didasari dari jumlah kandungan Si dan Al pada ikatan CSH yang terdapat pada PCC. Paparan suhu tinggi banyak mengubah komposisi kimia dan struktur fisik dari Mortar dan menyebabkan penambahan pori pada mortar.

2.2 Keaslian Penelitian

Dalam menilai keaslian penelitian sebelumnya yang dijadikan pembanding pada penelitian ini, beberapa faktor diperhatikan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian.
2. Oven yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven *furnace* (CARBOLITE)
3. Pengambilan semen tipe *PCC* Semen Merdeka (PT. Semen Indonesia Group) didapatkan melalui toko bangunan sekitar.
4. Pengambilan bahan abu sawit (*POFA*) diambil dari PT. Rambah Sawit Mandiri (PT.RSM).
5. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu 100°C ,300 °C, dan 500 °C.
6. *Mortar Geopolimernya* dari *POFA*
7. Umur sampel yang diuji yaitu umur 28 hari dan 56 hari
8. Aktivator yang digunakan dalam penelitian *Mortar Geopolimer* ini ada Na_2SiO_3 , NaOH, Sikamen

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Porositas

Porositas merupakan salah satu parameter fundamental dalam karakterisasi material konstruksi yang menunjukkan perbandingan antara volume rongga (*void*) terhadap volume total material. Nilai porositas sangat berpengaruh terhadap sifat fisik, mekanik, dan durabilitas mortar, khususnya dalam hal daya serap air, permeabilitas, serta ketahanan terhadap lingkungan agresif dan suhu tinggi.

Mortar PCC (*Portland Composite Cement*) adalah mortar berbasis semen Portland yang mengandung bahan tambahan mineral seperti *fly ash*, *slag*, atau bahan pozzolan lainnya. Pada mortar PCC, porositas terbentuk sebagai hasil dari proses hidrasi semen yang menghasilkan gel kalsium silikat hidrat (C-S-H) serta terbentuknya pori-pori kapiler akibat sisa air pencampur yang tidak bereaksi. Struktur pori pada mortar PCC umumnya terdiri dari pori gel dan pori kapiler, yang sangat dipengaruhi oleh rasio air-semen (*water-cement ratio*), metode pencampuran, serta kondisi curing. Semakin tinggi rasio air-semen, maka jumlah dan ukuran pori kapiler akan meningkat, sehingga berdampak pada penurunan kuat tekan dan ketahanan material.

3.2 Beton

Beton adalah campuran antara semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu pecah), dan air, dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*), yang setelah mengeras membentuk massa padat dan kuat. Menurut SNI 2847:2019 (Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

Beton adalah campuran semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah, yang mengeras membentuk massa padat.

3.3 Mortar

Mortar merupakan campuran yang terdiri dari bahan pengikat berupa semen, agregat halus berupa pasir, dan air dengan perbandingan tertentu yang digunakan sebagai bahan perekat dalam pekerjaan konstruksi. *Mortar* berfungsi untuk mengikat unit pasangan seperti batu bata atau batako, meratakan beban, serta meningkatkan kekuatan dan kestabilan struktur pasangan.

Sifat dan mutu *mortar* dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusunnya serta proses pencampuran dan perawatannya. Menurut Neville (2011), *mortar* memiliki peranan penting dalam konstruksi karena memengaruhi kekuatan ikatan dan daya tahan pasangan terhadap pengaruh lingkungan. ASTM C270 menyatakan bahwa mortar merupakan material plastis yang akan mengeras akibat reaksi hidrasi semen dan digunakan khusus untuk pekerjaan pasangan dinding.

3.4 Fungsi Mortar Dalam Konstruksi

Mortar adalah campuran semen, pasir (agregat halus), dan air yang digunakan terutama sebagai bahan perekat dan pelapis dalam pekerjaan konstruksi. Mengacu pada praktik dan spesifikasi dalam SNI 03-6882-2002, mortar berfungsi sebagai bahan pengikat unit pasangan.

Berikut fungsi utama mortar:

- a) Sebagai Perekat (Bonding Material)
 - Merekatkan bata merah, batako, atau batu kali.
 - Mengikat antar unit pasangan agar menjadi satu kesatuan yang stabil
 - Mengisi celah agar beban dapat terdistribusi merata.
- b) Perata dan Pengisi Celah
 - Mengisi rongga atau nat antar bata.
 - Meratakan permukaan sebelum pekerjaan finishing.
 - Mengurangi celah udara yang bisa menyebabkan kebocoran.

- c) Plesteran Dinding
 - Melapisi permukaan pasangan bata.
 - Melindungi dinding dari cuaca dan kelembapan.
 - Memberikan permukaan yang rata dan siap dicat.
- d) Acian (Finishing Halus)
 - Menghaluskan permukaan plester.
 - Memberikan tampilan lebih rapi dan estetik.
- e) Peningkat Kedap Air (Dengan Campuran Tertentu)
 - Dapat ditambahkan bahan aditif untuk meningkatkan ketahanan terhadap air.
 - Digunakan pada kamar mandi, talang, atau bak penampungan.
- f) Perbaikan dan Perkuatan Ringan
 - Digunakan untuk tambal retak kecil.
 - Perbaikan permukaan beton yang rusak ringan.

3.5 Perbedaan Mortar Semen Dan Mortar Geopolimer

Mortar yang menggunakan semen *Portland* sebagai bahan pengikat utama, dicampur dengan pasir dan air. Spesifikasi semen *Portland* diatur dalam SNI 15-2049-2004. Sedangkan *Mortar Geopolimer* *Mortar* yang menggunakan **binder geopolimer** (biasanya berbasis abu terbang/*fly ash*, *slag*, atau metakaolin) yang diaktivasi dengan larutan alkali (NaOH, Na₂SiO₃), tanpa semen *Portland*.

Tabel 3.1 Karakteristik mortar PCC dan geopolimer

Aspek	Mortar Semen	Mortar <i>Geopolimer</i>
Bahan Pengikat	Semen Portland	Material aluminosilikat + aktivator alkali
Reaksi Kimia	Hidrasi semen	Polimerisasi (reaksigeopolymerisasi)
Emisi CO ₂	Tinggi	Lebih Rendah
Ketahanan Kimia	Sedang	Sangat baik (tahan asam & sulfat)
Tahan Panas	± 300–400°C	Bisa > 800°C

Waktu Ikut	Standar (tergantung tipe semen)	Bisa Lebih Cepat
Biaya	Umum & lebih murah	Lebih mahal (tergantung bahan)
Ketersediaan	Sangat Luas	Masih Terbatas

3.6 .Komposisi Semen

Dalam standar Indonesia, komposisi *mortar* pasangan diatur dalam SNI 03-6882-2002, sedangkan spesifikasi semen *Portland* sebagai bahan pengikat diatur dalam SNI 15-2049-2004 (pembaruan: SNI 2049:2015).

Komponen *Mortar* menurut SNI *Mortar* terdiri dari: Semen *Portland*, Agregat halus, pasir, Air. Dengan Mortar 5cm x 5cm x 20cm, Job Mix Semen yang digunakan di penelitian ini yaitu:

- Semen : 1000 gr
- Pasir : 3000 gr
- Air : 520 gr

3.7 Geopolimer

Geopolimer adalah material pengikat (binder) anorganik yang terbentuk dari reaksi aluminosilikat (seperti *fly ash*, *slag*, atau metakaolin) dengan larutan aktivator alkali (misalnya NaOH dan Na_2SiO_3), menghasilkan struktur polimer tiga dimensi yang kuat dan tahan lama.

Geopolimer sering digunakan sebagai alternatif semen *Portland* karena lebih ramah lingkungan dan memiliki ketahanan kimia yang baik. Bahan Penyusun Geopolimer adalah

a) Sumber Aluminosilikat

- *Fly ash* (abu terbang PLTU)
- *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS)
- Metakaolin

b) Aktivator Alkali

- Natrium hidroksida (NaOH)
- Natrium silikat (Na_2SiO_3)

c) Agregat (untuk mortar/beton)

- Pasir (*mortar*)
- Pasir + kerikil (beton)

3.8 Sifat Fisik Dan Mekanik Geopolimer

Geopolimer adalah material pengikat anorganik hasil reaksi aluminosilikat dengan aktivator alkali yang membentuk jaringan polimer tiga dimensi (Si–O–Al–O). Berikut sifat-sifat utamanya yang biasa dibahas dalam penelitian teknik sipil.

3.8.1 Sifat Fisik Geopolimer

1. Berat Jenis (*Density*)

- Umumnya berkisar **2,0 – 2,4 g/cm³** (mirip beton konvensional).
- Dapat dibuat lebih ringan dengan agregat ringan atau foam agent.

2. Porositas

- Dipengaruhi oleh rasio aktivator, kadar air, dan curing.
- Semakin rendah porositas → semakin tinggi kekuatan dan durabilitas.

3. Daya Serap Air

- Biasanya lebih rendah dibanding mortar semen biasa jika reaksi optimal.
- Berpengaruh terhadap ketahanan terhadap lingkungan agresif.

4. Waktu Ikat

- Bisa lebih cepat dari semen *Portland*.
- Dipengaruhi molaritas NaOH dan rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$.

5. Ketahanan Suhu Tinggi

- Stabil pada suhu tinggi (bisa > 600–800°C).

- Tidak mengalami dekomposisi seperti C-S-H pada beton semen.

3.8.2 Sifat Mekanik Geopolimer

1. Kuat Tekan

- Umumnya 30–80 MPa (bahkan bisa >100 MPa tergantung campuran).
- Dipengaruhi: Jenis aluminosilikat (*fly ash*, *slag*, metakaolin)
Konsentrasi activator Metode curing

2. Kuat Tarik

- Sekitar 8–12% dari kuat tekan
- Mirip karakter beton konvensional (getas).

3. Kuat Lentur

- Biasanya 10–20% dari kuat tekan.
- Dapat ditingkatkan dengan serat (fiber).

4. Modulus Elastisitas

- Relatif sebanding dengan beton semen dengan kuat tekan yang sama.
- Umumnya sedikit lebih rendah pada beberapa campuran *fly ash* murni.

5. Ketahanan Kimia

- Sangat baik terhadap: Asam Sulfat Lingkungan laut
- Lebih tahan dibanding beton semen *Portland*.

3.9 Agregat Halus

Menurut SNI-03-2847-2002, agregat halus merujuk pada pasir yang terbentuk dari proses penghancuran alami batuan atau pasir yang diproduksi oleh industri penggilingan batu, dengan ukuran butir maksimum 5,0 mm.

Kriteria umum untuk agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus terdiri dari partikel-partikel yang tajam dan kokoh. Partikel halus bersifat permanen, yang berarti mereka tidak akan pecah atau rusak akibat pengaruh cuaca. Ketahanan agregat halus dapat diuji dengan

menggunakan larutan garam jenuh. Jika menggunakan natrium sulfat, bagian yang rusak maksimum adalah 10% dari berat total.

2. Agregat halus sebaiknya tidak memiliki kandungan lumpur lebih dari 5% dalam keadaan kering, dan jika kadar lumpur melebihi 5%, pasir perlu dicuci.
3. Berdasarkan ASTM C 33, berikut adalah spesifikasi standar untuk agregat halus:
 4. Modulus kehalusan butir harus berada di antara 2,3 dan 3,1.
 5. Kadar lumpur atau bahan yang lolos dari saringan No. 200 (0,074mm) harus maksimal 3% untuk beton yang terpapar abrasi, dan 5% untuk jenis beton lainnya.
 6. Kandungan arang dan lignit dalam beton tidak boleh lebih dari 0,5%, sedangkan untuk jenis beton lainnya maksimum 1%.
 7. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah diuraikan harus tidak lebih dari 3%.
 8. Kadar zat organik, yang ditentukan dengan mencampurkan agregat halus ke dalam larutan natrium sulfat ($NaSO_4$) 3%, tidak boleh menghasilkan warna lebih gelap daripada warna standar.
 9. Harus tidak reaktif terhadap alkali semen pada beton yang terpapar air atau lembap, dengan penggunaan natrium oksida tidak boleh lebih dari 0,6%.