JURNAL BANGUNAN:
Teori, Praktik, Penelitian, dan Pengajaran Teknik Bangunan
ISSN 0852-2480 (cetak), e-ISSN 2621-0959 (online)
VOL. 31, NO. 2, Oktober 2026: (145-154)
DOI: 10.17977/um071v31i22026p145-154

KORELASI SERAPAN AIR DAN POROSITAS MORTAR BERKELANJUTAN BERBASIS SERBUK GERGAJI, ABU SEKAM PADI, DAN SLAG NIKEL

Irma Aswani Ahmad[1*], Armiwati[2], Harmita Lestari[3] dan Hilton Ahmad[4]

[1] Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia
[2] Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia
[3] Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia
[4] Faculty of Civil Engineering and Built Environment, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Johor, Malaysia

[*] *E-mail Corresponding: irma.aswani.ahmad@unm.ac.id*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi serbuk gergaji, abu sekam padi (ASP), dan slag nikel terhadap serapan air dan porositas mortar serta menganalisis hubungan antara kedua parameter tersebut. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan enam variasi campuran yang terdiri atas satu campuran kontrol dan lima campuran modifikasi. ASP digunakan sebesar 5% sebagai substitusi sebagian semen, sedangkan serbuk gergaji dan slag nikel digunakan sebagai substitusi sebagian pasir dengan kadar yang bervariasi. Benda uji berbentuk kubus 50 × 50 × 50 mm dengan tiga benda uji untuk setiap variasi dan diuji pada umur 28 hari. Serapan air dan porositas ditentukan dengan metode gravimetri, sedangkan hubungan keduanya dianalisis menggunakan regresi linier. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran dengan kadar serbuk gergaji hingga 10% masih memiliki serapan air dan porositas yang mendekati atau lebih rendah dibandingkan kontrol, sedangkan kadar serbuk gergaji 15% menunjukkan peningkatan yang lebih nyata pada kedua parameter. Analisis regresi menghasilkan persamaan $y=0{,}618x-2{,}494$ dengan $R^2=0{,}993$, yang menunjukkan hubungan linier positif yang sangat kuat antara porositas dan serapan air. Hasil ini menunjukkan pentingnya keseimbangan komposisi material dalam mengendalikan karakteristik fisik mortar berbasis limbah.

Kata Kunci: Serbuk Gergaji; Abu Sekam Padi; Slag Nikel; Serapan Air; Porositas

Abstract: *This study aimed to analyze the effect of varying proportions of sawdust, rice husk ash (RHA), and nickel slag on the water absorption and porosity of mortar and to examine the relationship between these two parameters. An experimental laboratory study was conducted using six mixture variations consisting of one control mixture and five modified mixtures. RHA was used at 5% as a partial cement replacement, while sawdust and nickel slag were used as partial sand replacements at different proportions. Cube specimens measuring 50 × 50 × 50 mm were prepared, with three specimens for each mixture, and tested at 28 days. Water absorption and porosity were determined using a gravimetric method, while their relationship was analyzed using linear regression. The results showed that mixtures containing up to 10% sawdust exhibited water absorption and porosity values comparable to or lower than those of the control mixture, whereas mixtures containing 15% sawdust showed more pronounced increases in both parameters. Linear regression produced the equation* $y=0.618x-2.494$ *with nilai* $R^2=0.993$*, indicating a very strong positive relationship between porosity and water absorption. These findings highlight the importance of balancing waste-material proportions to control the physical characteristics of sustainable mortar.*

Keywords*: Sawdust; Rice Husk Ash; Nickel Slag; Water Absorption; Porosity*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan material limbah dalam campuran berbasis semen menjadi salah satu pendekatan yang semakin berkembang untuk mendukung penggunaan material konstruksi yang lebih berkelanjutan. Limbah pertanian, industri, dan pengolahan kayu memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan substitusi dalam mortar sehingga dapat mengurangi penggunaan material konvensional sekaligus meningkatkan nilai guna limbah. Selain aspek mekanik, karakteristik fisik seperti serapan air dan porositas penting diperhatikan karena berkaitan dengan kemampuan air masuk dan bergerak di dalam struktur mortar. Struktur pori, khususnya jumlah, ukuran, dan keterhubungan pori, memengaruhi perilaku penyerapan dan transportasi air pada material berbasis semen. Lu et al. (2023) menunjukkan bahwa perubahan porositas pada mortar berkaitan dengan perubahan kemampuan penyerapan air secara kapiler. Hasil serupa dikemukakan oleh Wygocka-Domagałło dan Garbalińska (2020), yang menegaskan bahwa karakter struktur pori berperan penting terhadap perilaku *water sorption* pada mortar. Ren et al. (2021) menunjukkan bahwa mekanisme penyerapan air pada mortar sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisik struktur porinya, sementara Trykoz et al. (2022) menunjukkan bahwa perubahan ruang pori dan ukuran kapiler berkaitan dengan perubahan kemampuan mortar menyerap air. Oleh karena itu, evaluasi mortar berbasis limbah perlu mempertimbangkan tidak hanya jumlah material limbah yang digunakan, tetapi juga perubahan karakteristik fisik yang ditimbulkannya.

Serbuk gergaji merupakan salah satu limbah organik yang berpotensi digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus dalam mortar. Penelitian terdahulu telah memanfaatkan serbuk gergaji sebagai substitusi sebagian pasir karena karakteristik partikelnya memungkinkan digunakan pada fraksi agregat halus. Cheng et al. (2024) melaporkan ukuran partikel serbuk gergaji yang halus dengan permukaan relatif kasar, sedangkan Koçkal dan Çamurlu (2022) menunjukkan bahwa limbah kayu dapat digunakan sebagai pengganti sebagian crushed sand dalam mortar. Temuan tersebut mendukung pemanfaatan serbuk gergaji sebagai substitusi sebagian pasir pada penelitian ini.

Namun, karakter material yang relatif ringan dan berpori dapat memengaruhi pembentukan rongga serta kemampuan mortar menyerap air. Cheng et al. (2024) menunjukkan bahwa perubahan kadar serbuk gergaji pada mortar menghasilkan respons yang berbeda terhadap struktur pori dan karakteristik material, sehingga proporsi penggunaannya perlu dikendalikan. Temuan tersebut diperkuat oleh Koçkal dan Çamurlu (2022), yang melaporkan bahwa penggantian pasir dengan partikel limbah kayu meningkatkan apparent porosity dan water absorption secara nyata pada kadar penggantian yang lebih tinggi. Corinaldesi et al. (2016) juga menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah hasil pengolahan kayu sebagai agregat ringan memengaruhi karakteristik fisik dan struktur internal mortar. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemanfaatan serbuk gergaji dalam mortar perlu mempertimbangkan kadar penggunaannya agar peningkatan fraksi organik tidak menyebabkan peningkatan porositas dan serapan air yang berlebihan.

Abu sekam padi (ASP) memiliki karakter yang berbeda karena berperan sebagai material pozzolanik dalam sistem pengikat. Jamil et al. (2016) menunjukkan bahwa ukuran partikel dan aktivitas pozzolanik RHA berpengaruh terhadap porositas dan serapan air mortar, di mana RHA yang lebih halus menghasilkan porositas dan serapan air yang lebih rendah. Khan et al. (2017) menunjukkan bahwa efek pengisian partikel pozzolanik dapat berkontribusi terhadap perkembangan mikrostruktur mortar yang lebih rapat, sehingga mendukung pengendalian ruang pori pada campuran berbasis semen. Vishavkarma dan Harish (2022) juga melaporkan bahwa penggunaan RHA dapat menurunkan serapan air dan permeable pore space pada mortar. Temuan serupa dilaporkan oleh de Silva et al. (2021), yang mengevaluasi RHA pada kadar 5–20% dan menunjukkan bahwa perubahan kadar RHA memengaruhi water absorption, porosity, dan sorption rate. Thiedeitz et al. (2022) selanjutnya menunjukkan bahwa aktivitas pozzolanik RHA dapat menghasilkan mikrostruktur yang lebih rapat, menurunkan penyerapan air kapiler, dan memperkecil porositas kapiler mortar. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa ASP berpotensi membantu mengendalikan struktur pori dan masuknya air ke dalam mortar.

Slag nikel juga berpotensi memengaruhi karakteristik fisik mortar melalui perubahan susunan dan struktur pori. Cho et al. (2020) menunjukkan bahwa ferronickel slag memengaruhi distribusi dan konektivitas pori dalam sistem semen, sehingga respons transportasi fluida tidak hanya ditentukan oleh nilai porositas total. Kuri et al. (2022) melaporkan bahwa peningkatan ground ferronickel slag pada mortar geopolimer dapat menurunkan porositas dan sorptivitas serta menghasilkan mikrostruktur yang lebih kompak. Pada sistem lain, Guan et al. (2021) juga menunjukkan bahwa penggunaan blast furnace ferronickel slag dapat memperhalus porositas mortar. Namun, You et al. (2019) menunjukkan bahwa pengaruh ferronickel slag terhadap porositas dan serapan air dapat berbeda bergantung pada sistem pengikat dan proporsi material yang digunakan. Dengan

demikian, meskipun serbuk gergaji, ASP, dan slag nikel telah banyak dikaji secara terpisah, penelitian yang menggabungkan ketiganya dalam satu sistem mortar dan secara khusus mengevaluasi serapan air, porositas, serta keterkaitan kedua parameter tersebut masih terbatas. Berdasarkan karakteristik masing-masing material, diduga bahwa peningkatan kadar serbuk gergaji akan meningkatkan porositas dan serapan air, sedangkan keberadaan ASP dan slag nikel pada proporsi tertentu dapat membantu mengendalikan peningkatan kedua parameter tersebut.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi serbuk gergaji, ASP, dan slag nikel terhadap serapan air dan porositas mortar serta menganalisis hubungan antara kedua parameter tersebut. Evaluasi dilakukan melalui perbandingan setiap variasi campuran terhadap campuran kontrol dan analisis regresi hubungan porositas–serapan air. Hasil penelitian selanjutnya dibahas dengan membandingkan kecenderungan yang diperoleh terhadap penelitian terdahulu untuk menjelaskan pengaruh keseimbangan fraksi organik, pozzolanik, dan mineral terhadap karakteristik fisik mortar. Secara ilmiah, penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman mengenai keterkaitan antara komposisi material limbah, struktur pori, dan kemampuan mortar menyerap air. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi dasar awal dalam pemilihan komposisi mortar berbasis limbah dengan serapan air dan porositas yang lebih terkendali sehingga berpotensi mendukung pengembangan material dinding yang lebih berkelanjutan.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk mengevaluasi karakteristik fisik mortar berbasis serbuk gergaji, abu sekam padi (ASP), dan slag nikel. Bahan yang digunakan terdiri atas semen, pasir, serbuk gergaji, ASP, slag nikel, dan air. Semen digunakan sebagai bahan pengikat utama, pasir sebagai agregat halus, serbuk gergaji dan slag nikel sebagai substitusi sebagian pasir, sedangkan ASP digunakan sebagai substitusi sebagian semen. Serbuk gergaji dan abu sekam padi (ASP) terlebih dahulu dikeringkan di bawah sinar matahari sebelum digunakan. Selanjutnya, ASP diayak menggunakan saringan No. 200 dan material yang lolos saringan digunakan sebagai substitusi sebagian semen dalam campuran mortar.

Mutu beton rencana menggunakan 25 MPa, dengan FAS 0,5. Penelitian menggunakan enam variasi campuran yang terdiri atas satu campuran kontrol (K) dan lima campuran modifikasi (V1–V5). Pada seluruh campuran modifikasi, kadar ASP dipertahankan sebesar 5% terhadap berat semen, sedangkan kadar serbuk gergaji dan slag nikel divariasikan sebagai substitusi sebagian pasir. Benda uji berbentuk kubus berukuran 50 × 50 × 50 mm, dengan tiga benda uji untuk setiap variasi campuran. Seluruh benda uji dirawat dalam bak air hingga umur 28 hari sebelum dilakukan pengujian serapan air dan porositas.

Tabel 1. Variasi Campuran Mortar

Campuran	Serbuk Gergaji (% pasir)	ASP (% semen)	Slag Nikel (% pasir)
K	0	0	0
V1	5	5	5
V2	10	5	10
V3	15	5	15
V4	10	5	15
V5	15	5	10

Prosedur Pengumpulan Data

Benda uji yang telah mencapai umur 28 hari digunakan untuk pengujian serapan air dan porositas. Pengujian dilakukan dengan metode gravimetri berdasarkan perubahan massa benda uji pada kondisi kering, jenuh air, dan terendam. Nilai serapan air ditentukan dari perbandingan kenaikan massa benda uji setelah perendaman terhadap massa kering, sedangkan porositas dihitung berdasarkan hubungan massa kering, massa jenuh, dan massa benda uji saat terendam. Prinsip pengujian mengacu pada ASTM C642-21 tentang *Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*.

Analisis Data

Data serapan air dan porositas dianalisis secara deskriptif-komparatif dengan membandingkan nilai setiap variasi campuran terhadap campuran kontrol. Untuk memperjelas perbedaan antarvariasi, nilai serapan air dan porositas juga dinyatakan sebagai perbandingan relatif terhadap campuran kontrol dengan K = 1,00 dan disajikan dalam bentuk grafik.

Selanjutnya, hubungan antara porositas dan serapan air dianalisis menggunakan regresi linier. Hasil analisis dinyatakan dalam bentuk persamaan regresi dan koefisien determinasi (R^2) untuk menunjukkan arah dan tingkat keeratan hubungan antara kedua parameter tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

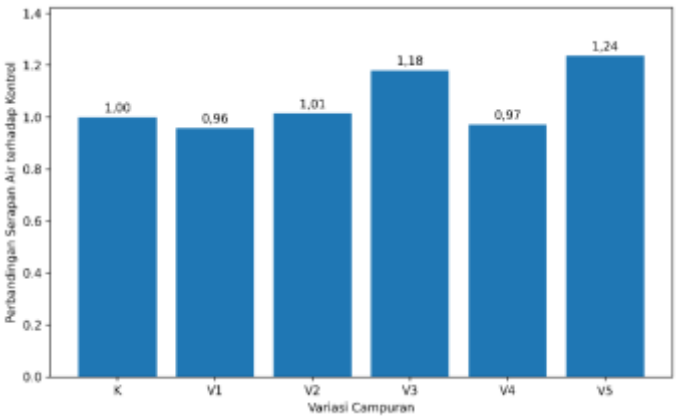
Hasil

Serapan Air Mortar

Hasil pengujian serapan air menunjukkan adanya perbedaan antarvariasi campuran. Campuran kontrol K memiliki nilai serapan air sebesar 7,20%. Nilai serapan air pada V1, V2, V3, V4, dan V5 masing-masing sebesar 6,90%, 7,30%, 8,50%, 7,00%, dan 8,90%. Nilai terendah diperoleh pada V1, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada V5 (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Serapan Air Mortar

Campuran	Serapan Air (%)
K	7,20
V1	6,90
V2	7,30
V3	8,50
V4	7,00
V5	8,90



Gambar 1. Perbandingan Serapan Air terhadap Kontrol

Gambar 1 menunjukkan perbandingan serapan air masing-masing variasi terhadap campuran kontrol yang dinormalisasi menjadi 1,00. Nilai V1 dan V4 berada di bawah kontrol, masing-masing sebesar 0,96 dan 0,97, sedangkan V2 relatif setara dengan kontrol dengan nilai 1,01. Sebaliknya, V3 dan V5 menunjukkan peningkatan yang lebih jelas dengan nilai masing-masing 1,18 dan 1,24. Hasil ini menunjukkan bahwa respons serapan air tidak meningkat secara seragam pada seluruh variasi campuran. V1 dan V4 masih mampu mempertahankan serapan air di bawah campuran kontrol, sedangkan V3 dan terutama V5 menunjukkan kecenderungan serapan air yang lebih tinggi. Pola tersebut memperlihatkan adanya perbedaan respons antarvariasi, dengan kecenderungan peningkatan serapan air yang lebih nyata pada V3 dan V5 dibandingkan variasi lainnya.

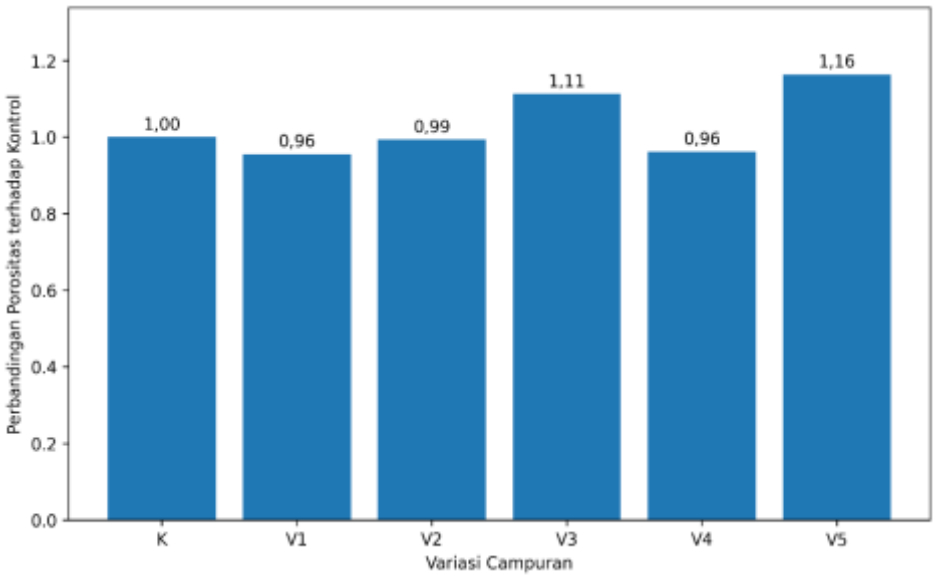
Porositas Mortar

Hasil pengujian porositas menunjukkan adanya perbedaan antarvariasi campuran. Campuran kontrol K memiliki porositas sebesar 15,90%. Nilai porositas pada V1, V2, V3, V4, dan V5 masing-masing sebesar

15,20%, 15,80%, 17,70%, 15,30%, dan 18,50%. Nilai porositas terendah diperoleh pada V1, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada V5 (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Porositas Mortar

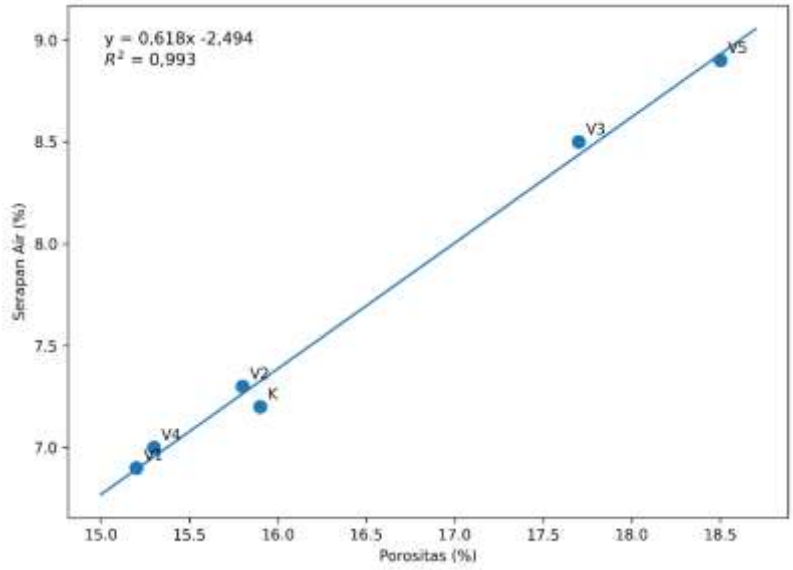
Campuran	Porositas (%)
K	15,90
V1	15,20
V2	15,80
V3	17,70
V4	15,30
V5	18,50



Gambar 2. Perbandingan Porositas terhadap Kontrol

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan porositas setiap variasi campuran terhadap kontrol yang dinormalisasi menjadi 1,00. V1 dan V4 menunjukkan nilai di bawah kontrol, masing-masing sebesar 0,96 dan 0,96, sedangkan V2 berada sangat dekat dengan kontrol dengan nilai 0,99. Sebaliknya, V3 dan V5 memiliki nilai porositas yang lebih tinggi, yaitu 1,11 dan 1,16. Secara umum, peningkatan porositas yang lebih nyata terlihat pada V3 dan V5, sedangkan V1, V2, dan V4 masih berada mendekati atau di bawah nilai kontrol.

Korelasi Porositas dan Serapan Air



Gambar 3. Korelasi Porositas dan Serapan Air Mortar

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara porositas dan serapan air pada seluruh variasi campuran mortar. Hasil analisis regresi linier menunjukkan adanya kecenderungan hubungan positif, di mana peningkatan porositas diikuti oleh peningkatan serapan air. Persamaan regresi yang diperoleh adalah y=0,618x−2,494 dengan nilai R^2=0,993. Nilai tersebut menunjukkan bahwa data porositas dan serapan air memiliki hubungan linier yang sangat kuat.

Pembahasan

Pengaruh Variasi Campuran terhadap Serapan Air

Nilai serapan air menunjukkan bahwa perubahan komposisi serbuk gergaji, abu sekam padi, dan slag nikel menghasilkan respons yang berbeda pada setiap variasi. Dibandingkan dengan campuran kontrol, V1 dan V4 menunjukkan nilai serapan air yang sedikit lebih rendah, V2 relatif mendekati kontrol, sedangkan V3 dan V5 menunjukkan peningkatan yang lebih nyata. Pola tersebut menunjukkan bahwa pengaruh material limbah terhadap serapan air tidak hanya ditentukan oleh jumlah total limbah, tetapi oleh keseimbangan antara fraksi organik dan mineral dalam campuran.

Kecenderungan peningkatan serapan air pada V3 dan V5 dapat dikaitkan dengan kadar serbuk gergaji yang lebih tinggi. Studi Cheng et al. (2024) menunjukkan bahwa pengaruh serbuk gergaji terhadap penyerapan air mortar tidak selalu linier. Pada kadar tertentu, partikel halus dapat memberikan efek pengisian, tetapi pada kadar yang lebih tinggi serbuk gergaji dapat memperkenalkan lebih banyak pori dan cacat sehingga serapan air kembali meningkat. Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana campuran dengan kadar serbuk gergaji 15% menunjukkan nilai serapan air yang lebih tinggi dibandingkan variasi dengan kadar serbuk gergaji yang lebih rendah.

Keberadaan abu sekam padi juga dapat berkontribusi terhadap perubahan serapan air melalui perbaikan struktur pori. Vishavkarma dan Harish (2022) melaporkan bahwa penggunaan RHA sebagai substitusi sebagian semen menurunkan water absorption dan permeable pore space mortar. Pada kadar RHA 4–12%, penurunan serapan air dilaporkan sekitar 2–10%, sedangkan permeable pore space turun sekitar 2–18%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efek pengisian dan reaksi pozzolanik RHA dapat membantu membentuk matriks yang lebih rapat sehingga jalur penetrasi air berkurang.

Perbandingan V2 dan V4 juga menunjukkan kecenderungan bahwa peningkatan slag nikel pada kadar serbuk gergaji dan ASP yang sama dapat menurunkan serapan air. Kecenderungan ini didukung oleh Guan et al. (2021), yang melaporkan bahwa peningkatan volume ferronickel slag pada mortar, pada rasio air-semen yang sama, secara umum menurunkan laju serapan air awal maupun lanjutan. Hal tersebut menunjukkan bahwa slag nikel dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan ketahanan mortar terhadap penetrasi air melalui perubahan susunan partikel dan struktur pori.

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar serbuk gergaji yang terlalu tinggi cenderung meningkatkan serapan air, sedangkan keberadaan ASP dan slag nikel pada proporsi tertentu dapat membantu mempertahankan atau menurunkan nilai serapan air. Dengan demikian, kinerja serapan air mortar ditentukan oleh interaksi antara material organik yang lebih berpori dan material mineral yang berpotensi meningkatkan kerapatan matriks.

Pengaruh Variasi Campuran terhadap Porositas

Pola porositas menunjukkan kecenderungan yang sejalan dengan hasil serapan air. V1, V2, dan V4 memiliki nilai porositas yang mendekati atau lebih rendah dibandingkan kontrol, sedangkan V3 dan V5 menunjukkan peningkatan yang lebih besar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan kadar serbuk gergaji cenderung memperbesar volume pori dalam mortar.

Serbuk gergaji sebagai material organik memiliki struktur internal yang lebih berpori dibandingkan agregat mineral. Ketika digunakan dalam jumlah yang lebih tinggi, serbuk gergaji dapat meningkatkan heterogenitas matriks dan membentuk lebih banyak rongga di sekitar partikel. Kecenderungan ini sejalan dengan Cheng et al. (2024) dan Koçkal dan Çamurlu (2022), yang menunjukkan bahwa peningkatan fraksi material berbasis kayu dapat meningkatkan porositas mortar. Sebaliknya, ASP pada proporsi tertentu berpotensi memperbaiki struktur pori melalui efek pengisian dan reaksi pozzolanik, sebagaimana dilaporkan oleh Vishavkarma dan Harish (2022).

Perbandingan V2 dan V4 menunjukkan bahwa peningkatan slag nikel pada kadar serbuk gergaji yang sama menurunkan porositas. Namun, pada kadar serbuk gergaji 15%, nilai porositas tetap lebih tinggi. Pengaruh slag nikel terhadap struktur pori dapat berbeda bergantung pada fungsi dan proporsi material. Cho et al. (2020) menunjukkan bahwa ferronickel slag memengaruhi distribusi dan konektivitas pori, sedangkan Edwin et al. (2022) melaporkan perubahan porositas ketika ferronickel slag digunakan sebagai material sementisius. Dengan demikian, efek slag nikel terhadap porositas perlu dipahami dalam konteks komposisi dan fungsi material di dalam campuran.

Interpretasi Hubungan Porositas dan Serapan Air

Hasil analisis regresi menunjukkan adanya hubungan linier positif yang sangat kuat antara porositas dan serapan air mortar, dengan persamaan $y=0{,}618x-2{,}494$ dengan nilai $R^2=0{,}993$. Hubungan positif ini menunjukkan bahwa peningkatan porositas cenderung diikuti oleh peningkatan serapan air. Secara fisik, semakin besar jumlah pori yang terbuka dan saling terhubung di dalam matriks mortar, semakin besar pula peluang air untuk masuk dan tertahan di dalam material.

Kecenderungan tersebut sejalan dengan Vishavkarma dan Harish (2022), yang melaporkan adanya hubungan linier antara *water absorption* dan *permeable pore space* pada mortar berbasis abu sekam padi, dengan koefisien korelasi sebesar 0,93. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa peningkatan kadar RHA dapat menurunkan serapan air dan ruang pori permeabel. Temuan tersebut memperkuat bahwa perubahan struktur pori memiliki keterkaitan erat dengan kemampuan mortar dalam menyerap air.

Hubungan yang lebih langsung antara porositas dan serapan air juga dilaporkan oleh Noaman et al. (2022) pada beton agregat bata yang mengandung RHA. Penelitian tersebut memperoleh hubungan eksponensial antara porositas dan serapan air dengan nilai $R^2=0{,}99$, di mana peningkatan porositas diikuti oleh peningkatan serapan air. Nilai koefisien determinasi yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa porositas merupakan salah satu parameter yang sangat berkaitan dengan kemampuan material berbasis semen menyerap air. Hasil ini sangat mendukung temuan pada penelitian ini yang juga menunjukkan keeratan hubungan kedua parameter tersebut.

Tebbal et al. (2022) juga mengevaluasi serapan air dan porositas secara bersamaan pada mortar alkali-aktif berbasis *glass powder* dan *brick waste*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perubahan komposisi material menghasilkan perubahan yang searah pada porositas dan serapan air, serta menegaskan pentingnya mengevaluasi kedua parameter tersebut secara terpadu dalam menilai karakteristik fisik mortar.

Pada penelitian ini, keterkaitan tersebut terlihat dari pola masing-masing variasi. V1 dan V4 berada pada kelompok dengan porositas dan serapan air yang relatif rendah, sedangkan V3 dan V5 menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada kedua parameter. Pola yang konsisten tersebut menunjukkan bahwa variasi campuran yang menghasilkan peningkatan porositas juga cenderung mengalami peningkatan serapan air. Namun, nilai $R^2=0{,}993$ sebaiknya dipahami sebagai keeratan hubungan dalam rentang variasi campuran yang diuji dan tidak

secara langsung menunjukkan bahwa porositas merupakan satu-satunya faktor penyebab serapan air. Karakteristik seperti ukuran, distribusi, dan keterhubungan pori juga dapat memengaruhi proses masuknya air ke dalam mortar.

Dengan demikian, hubungan porositas dan serapan air pada mortar berbasis serbuk gergaji, abu sekam padi, dan slag nikel menunjukkan bahwa pengendalian struktur pori menjadi bagian penting dalam mempertahankan karakteristik fisik mortar. Variasi campuran yang mampu mempertahankan porositas pada tingkat yang relatif rendah juga cenderung menunjukkan serapan air yang lebih rendah. Hasil ini memperlihatkan bahwa keseimbangan komposisi material berperan penting dalam mengendalikan kedua parameter tersebut.

Dibandingkan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang searah namun pada sistem material yang berbeda. Cheng et al. (2024) menunjukkan bahwa peningkatan serbuk gergaji pada kadar tertentu dapat meningkatkan porositas dan serapan air, sedangkan Vishavkarma dan Harish (2022) melaporkan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat menurunkan serapan air dan ruang pori permeabel. Guan et al. (2021) juga menunjukkan bahwa ferronickel slag dapat membantu menurunkan laju serapan air melalui perbaikan struktur pori. Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut yang umumnya mengevaluasi satu jenis material limbah atau kombinasi yang lebih terbatas, penelitian ini menggabungkan serbuk gergaji, abu sekam padi, dan slag nikel dalam satu sistem mortar serta mengevaluasi secara langsung hubungan antara porositas dan serapan air. Hasil regresi menunjukkan hubungan linier positif yang sangat kuat dengan R^2 = 0,993, sehingga memperlihatkan bahwa keseimbangan antara fraksi organik, pozzolanik, dan mineral berperan penting dalam mengendalikan karakteristik fisik mortar.

KESIMPULAN

Variasi komposisi serbuk gergaji, abu sekam padi, dan slag nikel memberikan pengaruh yang berbeda terhadap serapan air dan porositas mortar. Campuran dengan kadar serbuk gergaji hingga 10% masih menunjukkan nilai serapan air dan porositas yang mendekati atau lebih rendah dibandingkan campuran kontrol, sedangkan campuran dengan kadar serbuk gergaji 15% menunjukkan peningkatan yang lebih nyata pada kedua parameter. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serbuk gergaji cenderung meningkatkan karakteristik pori dan kemampuan mortar menyerap air, sedangkan keberadaan abu sekam padi dan slag nikel pada proporsi tertentu dapat membantu mempertahankan karakteristik fisik mortar.

Analisis regresi menunjukkan hubungan linier positif yang sangat kuat antara porositas dan serapan air, dengan persamaan $y=0{,}618x-2{,}494$ dan nilai $R^2=0{,}993$. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan porositas pada variasi campuran yang diuji cenderung diikuti oleh peningkatan serapan air. Dengan demikian, pengendalian komposisi material menjadi penting untuk menghasilkan mortar berbasis limbah dengan struktur pori dan serapan air yang lebih terkendali, sehingga berpotensi mendukung pengembangan material mortar yang lebih berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar atas dukungan pendanaan melalui Dana PNBP Fakultas Teknik UNM yang telah mendukung pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM International. (2021). *ASTM C642-21: Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete*. ASTM International.

Cheng, Y., Liu, J., Wang, W., Jin, L., & Yan, S. (2024). Preparation and property study of sawdust-modified cement mortar. *Frontiers in Materials, 11*, 1457167. https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1457167

Cho, W. J., Kim, M. J., & Kim, J. S. (2020). Study on the pore structure characteristics of ferronickel-slag-mixed ternary-blended cement. *Materials, 13*(21), 4863. https://doi.org/10.3390/ma13214863

Corinaldesi, V., Mazzoli, A., & Siddique, R. (2016). Characterization of lightweight mortars containing wood processing by-products waste. *Construction and Building Materials, 123*, 281–289. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.011

de Silva, G. H. M. J. S., Vishvalingam, S., & Etampawala, T. (2021). Effect of waste rice husk ash from rice husk fuelled brick kilns on strength, durability and thermal performances of mortar. *Construction and Building Materials, 268*, 121794. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121794

Edwin, R. S., Kimsan, M., Tamburaka, I. P., Pramono, B., Azis, A., Van den Heede, P., De Belie, N., & Gruyaert, E. (2022). Effect of ferronickel slag as cementitious material on strength of mortar. *Key Engineering Materials, 931*, 213–218. https://doi.org/10.4028/p-n4v7se

Guan, Q., Xia, J., Leng, F., & Zhou, Y. (2021). Utilizing blast furnace ferronickel slag as paste replacement to reduce white Portland cement content and improve performance of mortar. *Advances in Bridge Engineering, 2*, 18. https://doi.org/10.1186/s43251-021-00039-6

Jamil, M., Khan, M. N. N., Karim, M. R., Kaish, A. B. M. A., & Zain, M. F. M. (2016). Physical and chemical contributions of rice husk ash on the properties of mortar. *Construction and Building Materials, 128*, 185–198. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.029

Khan, M. N. N., Jamil, M., Karim, M. R., Zain, M. F. M., & Kaish, A. B. M. A. (2017). Filler effect of pozzolanic materials on the strength and microstructure development of mortar. *KSCE Journal of Civil Engineering, 21*(1), 274–284. https://doi.org/10.1007/s12205-016-0737-5

Koçkal, N. U., & Çamurlu, E. (2022). Engineering properties of lightweight mortars containing wood waste particles. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation, 9*(4), 490–499. https://doi.org/10.54287/gujsa.1193927

Kuri, J. C., Khan, M. N. N., & Sarker, P. K. (2022). Workability, strength and microstructural properties of ground ferronickel slag blended fly ash geopolymer mortar. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials, 11*(2), 107–124. https://doi.org/10.1080/21650373.2020.1823905

Lu, L., Yang, Z., Lin, Y., & Dong, S. (2023). Partial replacement of manufactured sand with homologous granite powder in mortar: The effect on porosity and capillary water absorption. *Construction and Building Materials, 376*, 131031. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131031

Noaman, M. A., Karim, M. R., Islam, M. N., & Mia, M. S. (2022). Strength and durability parameters of brick aggregate concrete incorporating rice husk ash as a partial replacement of cement. *Advances in Materials Science and Engineering, 2022*, 8541276. https://doi.org/10.1155/2022/8541276

Ren, F., Zhou, C., Zeng, Q., Zhang, Z., Angst, U., & Wang, W. (2021). Quantifying the anomalous water absorption behavior of cement mortar in view of its physical sensitivity to water. *Cement and Concrete Research, 143*, 106395. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106395

Tebbal, N., Maza, M., & Rahmouni, Z. E. A. (2022). Use of a full factorial design to study the relationship between water absorption and porosity of GP and BW mortar activated. *Advances in Civil Engineering, 2022*, 2016157. https://doi.org/10.1155/2022/2016157

Thiedeitz, M., Ostermaier, B., & Kränkel, T. (2022). Rice husk ash as an additive in mortar—Contribution to microstructural, strength and durability performance. *Resources, Conservation and Recycling, 184*, 106389. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106389

Trykoz, L., Rezunenko, M., Pustovoitova, O., Semenova-Kulish, V., & Borodin, D. (2022). Water absorption kinetics of bitumen modified cement mortars. *Roads and Bridges–Drogi i Mosty, 21*(2), 167–178. https://doi.org/10.7409/rabdim.022.010

Vishavkarma, A., & Harish, K. V. (2022). Effect of rice husk ash on permeation characteristic of cementitious mortar. *Materials Today: Proceedings, 61*, 406–412. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.448

Wygocka-Domagałło, A., & Garbalińska, H. (2020). The effect of pore structure on the water sorption coefficient of cement mortars reinforced with 12 mm polypropylene fibres. *Construction and Building Materials, 248*, 118606. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118606

You, N., Li, B., Cao, R., Shi, J., Chen, C., & Zhang, Y. (2019). The influence of steel slag and ferronickel slag on the properties of alkali-activated slag mortar. *Construction and Building Materials, 227*, 116614. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.340