

Analisis Hasil Uji Kuat Tekan Batako Menggunakan Agregat Pasir Merapi Dicampur Dengan Pasir Sungai Kedawung

Irwan Efendi¹, Inge Anggita Sari², Olvi Pramadya Utaya Kusuma³, Susilowati⁴

¹Universitas Kahuripan Kediri, ²Universitas Kahuripan Kediri, ³Universitas Kahuripan Kediri, ⁴Universitas Kahuripan Kediri

¹irwan.efendi@students.kahuripan.ac.id, ²inge@kahuripan.ac.id, ³olvikusuma@kahuripan.ac.id, ⁴susilowati@kahuripan.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuat tekan batako dengan campuran agregat pasir Merapi dan pasir Sungai Kedawung serta mengetahui pengaruh variasi komposisi terhadap mutu batako. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan variasi campuran 100% pasir Merapi, 100% pasir Sungai Kedawung, dan 50%:50%, dengan perbandingan semen dan pasir 1:4. Benda uji berupa batako padat diuji kuat tekannya pada umur 7 dan 30 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi campuran agregat mempengaruhi kuat tekan batako. Campuran pasir Merapi dan pasir Sungai Kedawung mampu menghasilkan kuat tekan yang cukup baik, mendekati batako dengan pasir Merapi murni. Selain itu, penggunaan pasir Sungai Kedawung sebagai campuran memberikan alternatif yang lebih ekonomis tanpa menurunkan kualitas secara signifikan. Pemanfaatan material lokal ini direkomendasikan untuk efisiensi biaya produksi.

Kata kunci: batako, kuat tekan, pasir Merapi, pasir Sungai Kedawung, agregat halus

Abstract

This study aims to analyze the compressive strength of concrete block using a mixture of Merapi sand and Kedawung River sand, as well as to determine the effect of composition variations on the quality of the blocks. The research employed an experimental method with mixture variations of 100% Merapi sand, 100% Kedawung River sand, and a 50%:50% combination, with a cement-to-sand ratio of 1:4. The test specimens were solid concrete blocks tested for compressive strength at the ages of 7 and 30 days. The results indicate that variations in aggregate composition affect the compressive strength of the blocks. The mixture of Merapi sand and Kedawung River sand produced satisfactory compressive strength, approaching that of blocks made with pure Merapi sand. Additionally, the use of Kedawung River sand offers a more economical alternative without significantly reducing quality. The utilization of local materials is recommended to improve cost efficiency.

Keywords: concrete block, compressive strength, Merapi sand, Kedawung River sand, fine aggregate

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

- 1 Perkembangan teknologi konstruksi menuntut penggunaan material yang efisien, kuat, dan ekonomis. Batako merupakan material dinding yang banyak digunakan karena praktis dan murah. Namun, penggunaan pasir Merapi sebagai bahan utama memiliki harga relatif tinggi.
- 2 Untuk itu diperlukan alternatif material lokal seperti pasir Sungai Kedawung yang lebih ekonomis. Kombinasi kedua pasir ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas batako sekaligus menekan biaya produksi.

1.2 Pembatasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang perlu digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Pembuatan batako dilakukan di Dk. Melikrejo RT19, RW05, Kelurahan Bendungan, Kecamatan Kedawung, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium
3. Agregat halus yang di gunakan Adalah pasir Merapi dan pasir dari Sungai Kedawung, Sragen
4. Jenis batako yang di buat Adalah batako padat dan bukan batako berlubang

1.3 Rumusan Masalah

1. Seberapa besar nilai kuat tekan batako terhadap bahan campuran pasir Sungai dengan pasir merapi?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan agregat pasir Sungai kedawung sebagai bahan campuran pasir Merapi dalam pembuatan batako terhadap kuat tekan batako?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui besarnya kuat tekan jika ditambahkan dengan campuran pasir Sungai Kedawung dan pasir Merapi
2. Untuk mengetahui penggunaan bahan campuran pasir Sungai dan pasir Merapi terhadap pembuatan batako

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan serta pengetahuan hasil dari bahan campuran pasir Merapi dan pasir Sungai Kedawung dalam pembuatan batako
2. Meminimalisir biaya pembuatan batako yang menggunakan pasir Merapi dengan pasir Sungai
3. Hasil dari penelitian tersebut dapat bermanfaat untuk menjadi acuan penggunaannya di lapangan dan dapat menjadi bahan perkembangan penelitian lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batako

Batako adalah bahan bangunan berbentuk balok atau bata beton yang terbuat dari campuran semen, air, dan agregat halus seperti pasir, yang digunakan untuk membangun dinding atau elemen struktural lainnya. Batako termasuk dalam kategori concrete masonry unit (CMU) yang dirancang agar memiliki kekuatan tekan yang cukup untuk menopang beban bangunan, sekaligus tahan lama dan ekonomis dalam penggunaannya. Menurut penelitian [3] kualitas batako sangat dipengaruhi oleh kombinasi faktor produksi seperti komposisi bahan, kadar air, tekanan pemadatan, dan proses curing, di mana komposisi semen-pasir menjadi faktor paling dominan dalam meningkatkan kuat tekan batako.

Menurut penelitian [4], Batako atau batako press adalah campuran antara semen, agregat, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan. Adapun tujuan penelitian [4] yaitu untuk mengetahui biaya, waktu dan harga bahan material bata merah serta batako pada rumah type 36. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2013 dan berupa buku pengetahuan teknik bangunan.

2.2 Pasir Merapi

Pasir Merapi Adalah material vulkanik dari Gunung Merapi yang sangat terkenal sebagai bahan bangunan berkualitas tinggi karena kandungan silika tinggi dan daya rekat kuat,

Karakteristik Utama:

1. Kualitas Bahan Bangunan: Dianggap berkualitas sangat baik untuk beton karena kandungan besi (FeO) dan silika (SiO₂) tinggi, serta sedikit kandungan

lempung dan zat organik, memberikan daya rekat kuat dan tidak mudah keropos.

2. Asal Material: Berasal dari erupsi Gunung Merapi, dibawa oleh lahar dan abu vulkanik yang mengendap di aliran sungai di lereng gunung.
3. Lokasi Penambangan: Terutama di aliran sungai seperti Sungai Gendol, Kali Putih di wilayah Sleman, Magelang, dan Klaten.
4. Variasi: Kualitasnya bervariasi tergantung lokasi pengambilan (hulu lebih banyak lumpur/organik, hilir terkadang lebih baik), namun secara umum bisa digunakan.

2.3 Pasir Sungai

Pasir sungai adalah pasir alami yang digali dari dasar atau tepi sungai, terbentuk dari pelapukan batuan dan terkikis oleh aliran air, memiliki butiran halus hingga sedang dan permukaan yang lebih bulat, serta menjadi bahan penting dalam konstruksi untuk campuran beton, plester, dan pasangan bata karena kekuatannya dan kemampuan kerjanya yang baik, dengan kadar lumpur yang lebih rendah dibandingkan pasir lain

Ciri-ciri Pasir Sungai:

1. Asal: Dari dasar atau tepi sungai melalui proses erosi
2. Tekstur: Halus hingga sedang, lembut.
3. Bentuk Partikel: Bulat, karena proses pengikisan air yang konstan.
4. Kadar Lumpur: Cenderung rendah, membuat kualitasnya baik untuk konstruksi.
5. Kandungan: Mengandung sedikit garam karena berasal dari air tawar

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di 2 tempat yaitu tempat pembuatan Batako dan tempat pengujian kuat tekan batako. Untuk tempat pembuatan batako dilakukan di Dk. Melikrejo, Rt19,Rw05, Kelurahan Bendungan, Kecamatan Kedawung, Kabupaten Sragen pada tanggal 9 Februari 2026 – 9 Maret 2026

Selain itu untuk pengujian tes kuat tekan beton dilakukan di laboratorium Universitas Sebelas Maret (UNS) Jl. Ir Sutami No.36, Jebres, Kecamatan Jebres, kota Surakarta, Jawa Tengah. Adapun waktu pelaksanaan penelitian tanggal 09 Maret 2026

3.2 Pendekatan Penelitian

Eksperimental dengan variasi campuran pasir:

- 100% pasir Sungai
- 100% pasir Merapi

- 50% pasir sungai + 50% pasir Merapi

Dapat dianalisis secara objektif dan akurat sesuai tujuan penelitian.

3.3 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan batako sebagai benda uji, yang dibuat dari campuran agregat 100% pasir Sungai, 100% pasir Merapi dan 50% pasir Merapi dan 50% pasir sungai dengan perbandingan semen 1:4. Sampel batako yang dihasilkan kemudian diuji pada dua periode perawatan atau umur uji, yaitu 7 hari dan 30 hari, sesuai dengan prosedur pengujian kuat tekan yang berlaku.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk memperoleh informasi mengenai kuat tekan batako dengan campuran agregat pasir Merapi dan pasir sungai. Prosedur pengumpulan data mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0349-1989 dan pedoman teknis PUBL, sehingga hasil pengujian dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Setelah umur uji tercapai, batako diuji menggunakan mesin uji tekan universal (UTM). Pada saat pengujian, beban maksimum (F) yang menyebabkan hancurnya batako dicatat dengan seksama. Data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung kuat tekan (KT) dengan rumus:

$$KT = F \dots\dots\dots(3.1)$$

A

Di mana:

- KT = kuat tekan batako (N/mm²)
- F = beban maksimum pada saat hancur (N)
- A = luas penampang batako (mm²)

3.5 Teknik Uji Validitas Data

Dalam penelitian ini, campuran 50% pasir sungai dan 50% pasir Merapi digunakan untuk mengevaluasi pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan batako. Analisis dapat dilakukan dengan pendekatan manual.

3.6 Teknik Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh campuran pasir 50% Sungai +

50% Merapi terhadap kuat tekan batako, dibandingkan dengan batako yang menggunakan 100% pasir sungai maupun 100% pasir Merapi, dengan rasio semen:pasir 1:4, yang nantinya Data hasil pengujian dicatat dalam tabel hasil Uji Evaluasi Kesesuaian dengan Standar SNI

Nilai kuat tekan 12,3 MPa untuk campuran 50:50 memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989, sehingga batako layak digunakan untuk pasangan dinding. Batako dengan pasir tunggal, meskipun memenuhi beberapa kriteria, menunjukkan nilai kuat tekan lebih rendah, sehingga mutu strukturalnya lebih rendah dibanding campuran 50:50.

3.7 Tahapan Pembuatan Benda Uji

Pembuatan batako sebagai benda uji dilakukan melalui tahapan sistematis sebagai berikut:

1. Persiapan Bahan
 - a. Semen, pasir sungai, dan pasir Merapi ditimbang sesuai rasio campuran yang ditentukan (misal 50% Sungai + 50% Merapi dengan rasio semen:pasir 1:4).
 - b. Bahan-bahan dikeringkan bila diperlukan dan diayak untuk memperoleh ukuran butiran yang seragam.
2. Pencampuran Bahan
 - a. Semen dan pasir dicampur secara merata.
 - b. Air ditambahkan secara bertahap hingga tercapai konsistensi adukan yang sesuai, tidak terlalu kering atau terlalu encer.
3. Pemeliharaan / Curing
 - a. Batako yang telah dicetak dikeluarkan dan di diamkan 10 menit .
 - b. Batako kemudian di diamkan atau disimpan dalam kondisi kering selama 7 hari dan 30 hari, sesuai umur uji, untuk mendukung proses hidrasi semen agar kuat tekan optimal.
4. Penandaan dan Pencatatan
 - a. Setiap benda uji diberi label yang jelas untuk membedakan campuran dan umur uji.
 - b. Data pencatatan dilakukan secara sistematis untuk memudahkan analisis setelah pengujian.

Analisis Hasil Uji Kuat Tekan

1. Perhitungan Kuat Tekan (KT)

- a. Setiap batako diuji menggunakan mesin uji tekan (Universal Testing Machine/UTM).
- b. Kuat tekan dihitung dengan rumus:

$$KT = F \dots\dots\dots (3.4)$$

1. KT rata-rata dihitung untuk masing-masing jenis campuran.
2. Persentase peningkatan kuat tekan campuran 50:50 dibanding pasir tunggal dihitung:

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan batako tertinggi diperoleh pada campuran agregat pasir Merapi dan pasir Sungai Kedawung pada umur 30 hari. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi dua jenis agregat memberikan kontribusi yang lebih optimal dibandingkan penggunaan agregat tunggal. Secara teoritis, kuat tekan batako sangat dipengaruhi oleh karakteristik agregat, seperti gradasi butiran, bentuk partikel, tekstur permukaan, serta tingkat kepadatan campuran. Menurut konsep yang di jelaskan oleh teori [10] dalam bukunya Concrete Technology, agregat yang memiliki gradasi baik (well-graded aggregate) mampu mengurangi rongga (void) dalam campuran sehingga meningkatkan kekuatan beton atau batako. Dalam penelitian ini, pasir Merapi yang memiliki tekstur kasar dan bersudut berperan dalam meningkatkan daya ikat mekanis (interlocking) antar partikel. Sementara itu, pasir Sungai Kedawung yang lebih halus berfungsi sebagai pengisi rongga di antara agregat kasar. Kombinasi ini menghasilkan struktur yang lebih padat dan homogen.

Hal ini sejalan dengan teori dari [11] yang menyatakan bahwa kombinasi agregat kasar dan halus yang tepat akan menghasilkan kepadatan maksimum dan meningkatkan kuat tekan. Menurut [11], kuat tekan beton akan terus meningkat seiring waktu, terutama hingga umur 28–30 hari, karena reaksi antara semen dan air menghasilkan struktur kristal yang semakin kuat.

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kuat tekan batako dengan variasi campuran pasir Sungai Kedawung dan pasir Merapi pada umur 7 hari dan 30 hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan kekuatan batako seiring bertambahnya umur serta pengaruh kombinasi agregat terhadap kualitas batako yang dihasilkan.

Pada umur 30 hari, terjadi peningkatan kuat tekan yang sangat signifikan. Batako pasir Sungai + Pasir Merapi menunjukkan nilai kuat tekan yang berada pada kategori yang sangat kuat yaitu dengan beban desak

315kN. Hal ini menandakan bahwa proses hidrasi semen telah berlangsung dengan baik dan menghasilkan struktur yang padat serta kuat. Peningkatan ini juga dipengaruhi oleh kombinasi agregat pasir Sungai Kedawung dan pasir Merapi yang menghasilkan gradasi yang optimal. Dengan demikian, batako mampu mencapai kekuatan maksimum pada umur 30 hari.

4.2 Pembahasan

A. Temuan Penelitian

Kuat tekan batako mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur, yang menunjukkan bahwa proses hidrasi semen berperan penting dalam pembentukan kekuatan.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan batako dengan variasi campuran agregat pasir Merapi dan pasir Sungai Kedawung, diperoleh beberapa temuan utama sebagai berikut:

1. Nilai kuat tekan batako mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur perawatan, yaitu pada umur 7 hari, hingga mencapai nilai maksimum pada umur 30 hari.
2. Variasi campuran agregat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan batako.
3. Kuat tekan tertinggi tidak diperoleh pada agregat tunggal, melainkan pada campuran agregat pasir Merapi dan pasir Sungai Kedawung dengan komposisi tertentu (misalnya 50%:50% atau sesuai data penelitian).
4. Penggunaan pasir Merapi saja menghasilkan kuat tekan yang cukup tinggi, namun masih lebih rendah dibandingkan campuran optimum.
5. Penggunaan pasir Sungai Kedawung saja menghasilkan kuat tekan paling rendah dibanding variasi lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa komposisi campuran agregat merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas mekanik batako, khususnya kuat tekan.

B. Interpretasi terhadap Temuan

Hasil penelitian dapat diinterpretasikan bahwa peningkatan kuat tekan pada campuran agregat terjadi karena adanya sinergi karakteristik material dari kedua jenis pasir. Kombinasi kedua jenis pasir tersebut menghasilkan:

1. Struktur material yang lebih padat
2. Distribusi ukuran butir yang lebih merata
3. Pengurangan rongga (void) dalam campuran

Akibatnya, batako memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban tekan. Selain itu, peningkatan kuat tekan pada umur 30 hari menunjukkan bahwa proses hidrasi semen berlangsung secara optimal. Reaksi antara semen dan air menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang berperan penting dalam meningkatkan kekuatan material.

C. Integrasi Temuan ke dalam Teori yang Sudah Mapan

Temuan penelitian ini sejalan dengan teori dalam bidang Teknologi Beton, yang menyatakan bahwa kualitas beton atau batako sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat dan kepadatan campuran. Menurut penelitian [10] yang mengungkapkan teori dari M. S. Shetty, agregat dengan gradasi baik (well-graded aggregate) dapat mengurangi rongga dalam campuran sehingga meningkatkan kuat tekan.

Selain itu, penelitian [11] yang mengungkapkan pendapat dari A. M. Neville menjelaskan bahwa kuat tekan beton meningkat seiring waktu akibat proses hidrasi yang berkelanjutan. Hal ini sesuai dengan temuan bahwa kuat tekan maksimum diperoleh pada umur 30 hari.

Di sisi lain, penelitian ini juga memperkuat pendapat Tjokrodimuljo yang menyatakan bahwa variasi agregat dapat meningkatkan kepadatan dan menurunkan porositas, sehingga berdampak langsung pada peningkatan kekuatan mekanik. Dalam penelitian ini justru ditemukan bahwa kombinasi agregat menghasilkan performa yang lebih baik, sehingga memberikan indikasi bahwa:

1. Teori agregat tunggal perlu dipertimbangkan kembali dalam konteks material lokal
2. Pendekatan campuran agregat lebih relevan untuk kondisi lapangan.

D. Implikasi dan Keterbatasan Penelitian

1. Implikasi Penelitian

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting, antara lain:

a) Implikasi Praktis

Penggunaan campuran pasir Merapi dan pasir Kedawung dapat direkomendasikan sebagai alternatif bahan baku batako yang lebih kuat dan efisien.

b) Implikasi Teknis

Menunjukkan bahwa optimasi gradasi agregat dapat meningkatkan kualitas batako tanpa harus meningkatkan penggunaan semen.

c) Implikasi Teoritis

Mendukung pengembangan teori bahwa kombinasi agregat lokal dapat menghasilkan performa yang lebih baik dibanding agregat tunggal.

d) Implikasi Ekonomi

Pemanfaatan material lokal secara kombinasi dapat menekan biaya produksi sekaligus meningkatkan mutu produk.

e) Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, yaitu:

- Variasi campuran agregat masih terbatas pada beberapa komposisi tertentu.
- Pengujian hanya difokuskan pada kuat tekan, belum mencakup sifat lain seperti:
 - Daya serap air
 - Kuat lentur
 - Ketahanan terhadap lingkungan
- Kondisi pengujian dilakukan dalam skala laboratorium, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi lapangan.
- Variabel lain seperti faktor air semen (FAS) dan metode pemadatan tidak divariasikan secara mendalam.

f) Pengembangan Teori

Berdasarkan temuan penelitian, terdapat peluang untuk:

- Mengembangkan konsep optimasi gradasi agregat campuran berbasis material lokal
- Memodifikasi pendekatan desain campuran batako yang sebelumnya berfokus pada agregat tunggal
- Menjadikan kombinasi agregat sebagai parameter utama dalam peningkatan kualitas batako

g) Penutup Pembahasan

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi agregat pasir Merapi dan pasir Sungai Kedawung pada umur 30 hari memberikan hasil kuat tekan terbaik, yang dipengaruhi oleh peningkatan kepadatan, gradasi agregat, dan proses hidrasi yang optimal.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Nilai kuat tekan batako dengan campuran pasir Sungai dan pasir Merapi menunjukkan hasil yang sangat baik, terutama pada umur perawatan 30 hari. Batako dengan variasi campuran kedua jenis pasir tersebut mampu mencapai kategori kuat tekan sangat kuat yaitu di angka beban desak 315KN.
2. Pengaruh penggunaan agregat pasir Sungai Kedawung sebagai campuran pasir Merapi terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan kuat tekan batako.

Hasil penelitian ini memperkuat implikasi teori dalam bidang Teknologi Beton yang menyatakan bahwa gradasi agregat yang baik dapat meningkatkan kuat tekan material berbasis semen.

Secara implikasi praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan bagi pelaku industri konstruksi, khususnya produsen batako, dalam memilih dan mengombinasikan material agregat untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik dan efisien.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Bagi pelaku industri batako / UMKM konstruksi

Disarankan untuk menggunakan campuran agregat pasir Merapi dan pasir Sungai Kedawung dengan komposisi optimum (sesuai hasil penelitian) dalam proses produksi batako.

Pelaksanaan:

- a. Menguji terlebih dahulu komposisi campuran dalam skala kecil
- b. Mengontrol kualitas bahan dan proses pencampuran
- c. Mengoptimalkan proses curing hingga minimal 28–30 hari

2. Bagi peneliti selanjutnya

Disarankan untuk mengembangkan penelitian ini dengan menambahkan variabel lain yang dapat mempengaruhi kuat tekan batako.

Pelaksanaan:

- a. Meneliti variasi faktor air semen (FAS)
- b. Mengkaji ukuran dan gradasi agregat lebih detail
- c. Melakukan pengujian tambahan seperti daya serap air, kuat lentur, dan ketahanan lingkungan

3. Bagi akademisi dan pengembang teori

Disarankan untuk melakukan kajian lebih lanjut terkait optimasi campuran agregat berbasis material lokal guna mengembangkan teori yang lebih kontekstual.

Pelaksanaan:

- a. Mengintegrasikan hasil penelitian eksperimental dengan model matematis
- b. Membandingkan dengan standar nasional (SNI) maupun internasional

4. Bagi pemerintah atau instansi terkait

Disarankan untuk mendorong pemanfaatan material lokal melalui standar atau pelatihan teknis bagi pelaku industri kecil.

Pelaksanaan:

- a. Memberikan pelatihan pembuatan batako berkualitas
- b. Menyusun pedoman teknis penggunaan material lokal

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi baik secara ilmiah maupun praktis dalam pengembangan material konstruksi, khususnya batako berbasis agregat lokal yang lebih efisien dan berkualitas.

REFRENSI

- [1] D. Teori and K. E. Praktek, "Teknologi beton;," vol. 62, no. 21, 2015.
- [2] P. Studi, T. Sipil, F. Teknik, U. Muhammadiyah, and S. Utara, "Penambahan Abu Tempurung Kelapa dan Sikacim Concrete Additive (Studi Penelitian)," 2023.
- [3] Noraffandy Yahaya & Nur Fazila i Salleh, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [4] S. Harahap, "Material Dinding Batu Bata Dan Batako Pada Rumah," *Educ. Dev.*, vol. 9, no. 3, pp. 20–26, 2021.
- [5] P. Sirait, "Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Styrofoam sebagai Bahan Tambah Pembuatan Batako," pp. 14–74, 2023, [Online]. Available: repository.uma.ac.id24/1/24
- [6] Hidayati and H. Prayoga, "Pengujian Kuat Tekan Batako Dengan Menggunakan Cangkang Kemiri Sebagai Agregat Kasar," *Statistika*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2021.
- [7] I. I. J. Rifka Alkhilyatul Ma'rifat, I Made Suraharta, "No Title 済無 No Title No Title No Title," vol. 2, pp. 306–312, 2024.
- [8] M. Fadlan Alhamid and F. Teknik Sipil Dan Perencanaan, "Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Magister Teknik Sipil," 2025.
- [9] D. Suwarno et al., "Pengaruh air laut pada kuat tekan dan absorpsi beton," no. 2008, 2021.
- [10] M. S. Shetty, *Concrete Technology (Theory and Practice)*, vol. 055. 2009.
- [11] A. R. Cusens, "Concrete technology," 1976. doi: 10.1016/0360-1323(76)90009-3.