

Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Pada Batako Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Penyerapan Air

David Sarana¹, Sofyan², Farhan Wini Sara³, Syibril Malasyi⁴, T Mudi Hafli^{5*}, M Fauzan⁶
^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

*Correspondent email: teukumudi@unimal.ac.id

Accepted: 16-07-2025

Approved: 31-07-2025

Abstract

Concrete block is a building element made from a mixture of Portland cement or pozzolan, sand, water, and other additives. This study aims to evaluate the effect of adding palm shell ash as a partial cement substitution material on the compressive strength and water absorption of concrete block according to SNI 03-0349-1989. The variations of palm shell ash substitution used were 5%, 10%, 15%, and 20% of the cement weight. The test results showed that the average compressive strength values for the BN (normal), BA-5, BA-10, BA-15, and BA-20 variations were 8.88 MPa, 12.2 MPa, 7.9 MPa, 7.2 MPa, and 6.7 MPa, respectively. The optimum compressive strength value was achieved in the BA-5 variation with a value of 12.2 MPa and was included in the classification of quality I concrete block. A decrease in compressive strength occurred in variations above 5%, but still met quality standards I and II. The water absorption test showed consecutive values of 10%, 10.5%, 13.4%, 13.2%, and 15.3%, where all variations were still below the maximum limit of 25% according to SNI and categorized as quality I. Thus, palm shell ash has the potential to be a cement substitute in making bricks, especially at a content of 5%, which provides the best mechanical and physical performance.

Keywords: *brick, palm shell ash, compressive strength, water absorption, cement substitution.*

Abstrak

Batako merupakan salah satu elemen bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau pozzolan, pasir, air, dan bahan tambahan lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan substitusi parsial semen terhadap kuat tekan dan daya serap air batako sesuai dengan SNI 03-0349-1989. Variasi substitusi abu cangkang kelapa sawit yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata untuk variasi BN (normal), BA-5, BA-10, BA-15, dan BA-20 masing-masing sebesar 8,88 MPa, 12,2 MPa, 7,9 MPa, 7,2 MPa, dan 6,7 MPa. Nilai kuat tekan optimum tercapai pada variasi BA-5 dengan nilai 12,2 MPa dan masuk dalam klasifikasi mutu I batako. Penurunan kuat tekan terjadi pada variasi di atas 5%, namun masih memenuhi standar mutu I dan II. Uji penyerapan air menunjukkan nilai berturut-turut sebesar 10%, 10,5%, 13,4%, 13,2%, dan 15,3%, di mana seluruh variasi masih berada di bawah batas maksimum 25% sesuai SNI dan dikategorikan dalam mutu I. Dengan demikian, abu cangkang kelapa sawit berpotensi sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan batako, khususnya pada kadar 5%, yang memberikan performa mekanik dan fisik terbaik.

Kata Kunci: *batako, abu cangkang kelapa sawit, kuat tekan, penyerapan air, substitusi semen.*

1. Pendahuluan

Batako merupakan salah satu material konstruksi yang umum digunakan sebagai bahan penyusun dinding, terbuat dari campuran semen portland atau pozzolan, pasir, air, dan/atau bahan tambahan lainnya, yang dicetak hingga memenuhi standar teknis tertentu. Karakteristik batako yang baik dapat dilihat dari permukaannya yang halus, padat, dan minim pori terbuka, serta tidak menunjukkan adanya rongga pada lapisan luar. Secara fisik, batako memiliki keunggulan dibandingkan bata merah, seperti massa yang lebih ringan, ukuran yang lebih besar, efisiensi waktu pemasangan, serta sifat kedap air yang lebih baik. Batako juga memiliki kemampuan isolasi panas yang lebih tinggi dan dapat dipasang lebih cepat dibandingkan batu bata konvensional. Berdasarkan bentuknya, batako diklasifikasikan menjadi dua

jenis, yaitu batako pejal dan batako berlubang, sesuai dengan kriteria luas dan volume penampang (BSN, 1982).

Seiring dengan meningkatnya penggunaan batako dalam industri konstruksi, terjadi pula peningkatan kebutuhan bahan baku, khususnya semen, yang merupakan komponen utama dan memiliki peran penting sebagai bahan perekat. Kenaikan harga semen menyebabkan perlunya alternatif bahan substitusi yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang potensial adalah pemanfaatan limbah abu cangkang kelapa sawit (ACKS), yang merupakan residu dari proses pembakaran cangkang kelapa sawit dan diketahui mengandung kadar silika tinggi.

Abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan silika (SiO_2) sebesar $\pm 61\%$ dan kalsium (CaO) sekitar $1,5\%$ (Jalali, 2017). Kehadiran unsur silika memungkinkan terjadinya reaksi pozzolanik ketika dikombinasikan dengan kalsium, yang dapat membentuk senyawa semen sekunder yang bersifat keras dan stabil. Potensi ini menjadikan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan substitusi sebagian semen dalam pembuatan batako. Di sisi lain, limbah ini selama ini belum dimanfaatkan secara optimal dan cenderung mencemari lingkungan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi sebagian semen dengan abu cangkang kelapa sawit terhadap karakteristik mekanik batako, khususnya terhadap kuat tekan dan daya serap air. Penelitian ini mengacu pada standar mutu batako berdasarkan SNI 03-0349-1989. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat dihasilkan produk batako yang tidak hanya memenuhi persyaratan teknis dan fungsional, tetapi juga lebih ekonomis dan mendukung konsep konstruksi berkelanjutan melalui pemanfaatan limbah industri.

2. Bahan dan Metode

2.1 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Menurut Amin et al. (2019), abu cangkang kelapa sawit merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pembakaran cangkang dan serabut buah kelapa sawit di dalam dapur atau tungku pembakaran (boiler) pada suhu antara 700°C hingga 800°C . Limbah ini mengandung berbagai senyawa kimia, termasuk kation anorganik seperti kalium (K), yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam material konstruksi. Salah satu komponen utama yang terkandung dalam abu cangkang kelapa sawit adalah silika (SiO_2), yang diketahui dapat berperan sebagai material pozzolan. Ketika silika bereaksi dengan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) yang terdapat dalam campuran semen, akan terbentuk reaksi pozzolanik yang menghasilkan senyawa hidrat semen sekunder seperti kalsium silikat hidrat (C-S-H). Senyawa ini memiliki sifat mengikat dan mampu membentuk massa yang kaku dan keras, serupa dengan hasil hidrasi semen portland.

Hasil karakterisasi kimia yang dilakukan oleh Jalali (2017) menunjukkan bahwa abu cangkang kelapa sawit mengandung silika sebesar 61% dan kalsium sebesar $1,5\%$. Kandungan silika yang tinggi ini menjadikan abu tersebut sebagai material pozzolanik yang potensial untuk digunakan sebagai bahan substitusi parsial semen dalam aplikasi beton ringan seperti batako. Pemanfaatan abu ini tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dengan mengurangi volume limbah padat hasil industri kelapa sawit. Adapun komposisi abu hasil pembakaran serat dan cangkang dapat dilihat dari Tabel 2.1 berikut:

Tabel 1. Komposisi Abu Sawit Hasil Pembakaran Serat dan Cangkang

Unsur/ Senyawa	Serat (%)	Cangkang (%)
Kalium (K)	9,2	7,5
Natrium (Na)	0,5	1,1
Kalsium (Ca)	4,9	1,5
Magnesium (Mg)	2,3	2,8
Klor (Cl)	2,5	1,3
Karbonat (CaO_3)	2,6	1,9
Nitrogen (N)	0,04	0,05
Pospat (P)	1,4	0,9
Silika (SiO_2)	59,1	61



Gambar 1. Abu cangkang kelapa sawit

2.2 Batako

Batako merupakan salah satu komponen bangunan yang umum digunakan sebagai material penyusun dinding, yang dibuat dari campuran semen portland atau pozzolan, pasir, air, serta bahan tambahan lainnya yang dicetak sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan teknis sesuai peruntukannya. Penggunaan batako semakin populer dalam konstruksi karena memiliki berbagai keunggulan dibandingkan material dinding konvensional lainnya, seperti kemudahan dalam proses pemasangan, kemampuan meredam panas dan suara, serta efisiensi waktu dan biaya konstruksi. Batako diketahui dapat disusun empat kali lebih cepat dibandingkan batu bata tanah liat, serta tidak memerlukan proses pembakaran dalam produksinya, sehingga lebih ramah lingkungan (Mallisa, 2011).

Secara termal dan struktural, batako memiliki sifat ketebalan dan isolasi panas yang lebih baik daripada beton padat, menjadikannya alternatif yang menarik dalam pembangunan bangunan hemat energi. Selain itu, proses produksinya yang tidak melibatkan pembakaran menjadikannya lebih berkelanjutan dari perspektif lingkungan, terutama jika dibandingkan dengan batu bata tanah liat yang memerlukan energi panas tinggi dan berdampak pada degradasi lahan.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), batako diklasifikasikan ke dalam dua jenis utama, yaitu batako padat dan batako berlubang (BSN, 1982). Batako padat memiliki luas penampang pejal minimal 75% dari total luas penampang dan volume pejal lebih dari 75% volume total batu cetak. Sementara itu, batako berlubang memiliki penampang dan volume lubang lebih dari 25%, sehingga lebih ringan dan sering digunakan dalam konstruksi non-struktural.

Dengan berbagai keunggulan yang dimiliki, batako menjadi salah satu material konstruksi yang terus berkembang dalam inovasi penggunaannya, termasuk dalam pemanfaatan bahan alternatif ramah lingkungan untuk komponen campurannya. Oleh karena itu, riset terhadap peningkatan performa batako serta efisiensi bahan baku, termasuk bahan substitusi semen dari limbah industri, menjadi isu yang relevan dalam mendukung konstruksi berkelanjutan.

2.3 Pengujian Sifat Fisis

2.3.1 Analisa Saringan

Analisis saringan merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan distribusi ukuran butiran agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar, dengan menggunakan serangkaian saringan berstandar tertentu. Metode ini bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat, yang merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas campuran beton atau material bangunan lainnya. Prosedur pengujian dilakukan dengan cara menempatkan sampel agregat pada susunan saringan bertingkat, kemudian digetarkan menggunakan mesin pengayak mekanis. Hasil dari pengujian ini menunjukkan distribusi persentase berat agregat yang tertahan pada masing-masing saringan, sehingga dapat diketahui tipe gradasi yang dimiliki agregat tersebut, apakah bergradasi seragam, bergradasi baik, atau bergradasi rapat. Pengujian ini mengacu pada ketentuan dalam SNI 03-1968-1990 tentang Metode Uji Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan dalam analisa saringan adalah:

$$\text{Persentase tertahan} = \frac{\text{berat tertahan} \times 100}{\text{jumlah berat tertahan}} \quad (1)$$

$$\text{Persentase lolos kumulatif} = \frac{100 - \text{berat tertahan}}{100} \quad (2)$$

2.4 Berat Jenis Semen

Berdasarkan SNI 03-2531-2015, berat jenis semen didefinisikan sebagai perbandingan antara berat satuan volume semen terhadap berat satuan volume air pada volume yang sama dalam kondisi kering dan pada temperatur tertentu. Parameter ini merupakan salah satu karakteristik fisik penting dalam menentukan proporsi campuran beton atau mortar, karena berpengaruh terhadap kekuatan, durabilitas, dan kestabilan struktur beton yang dihasilkan.

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{\text{Berat Semen}}{(V_1 - V_2)\gamma_d} \quad (3)$$

dimana:

- V1 = Pembacaan skala awal (cm)
- V2 = Pembacaan skala akhir (cm)
- γ_d = Berat volume air pada suhu 29 °C = 0,9959

2.5 Berat Jenis Agregat

Menurut standar ASTM C33, berat jenis agregat normal berada pada kisaran 2,5 hingga 2,7. Berat jenis agregat merupakan salah satu parameter penting dalam karakterisasi material beton, karena berpengaruh langsung terhadap sifat fisik dan mekanik campuran beton. Terdapat hubungan yang signifikan antara berat jenis dan daya serap air agregat, di mana agregat dengan berat jenis yang lebih tinggi umumnya memiliki porositas yang lebih rendah, sehingga daya serap airnya juga cenderung lebih kecil. Hal ini dikarenakan agregat yang lebih padat memiliki volume rongga internal yang lebih sedikit, sehingga kemampuan menyerap air pun menurun.

Nilai berat jenis agregat tidak hanya menentukan kepadatan beton, tetapi juga memengaruhi proporsi campuran dalam perencanaan adukan beton. Agregat dengan berat jenis tinggi akan menghasilkan beton dengan massa jenis yang lebih besar, dan sebaliknya. Oleh karena itu, pemahaman terhadap berat jenis agregat sangat penting dalam proses desain campuran beton untuk mencapai kualitas dan performa struktural yang diinginkan.

Berdasarkan SNI 1969-2008, berat jenis dan absorpsi air dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Untuk berat jenis agregat digunakan persamaan :

$$Sg_{SSD} = \frac{D}{(B+D-C)\gamma_d} \quad (4)$$

$$Sg_{OD} = \frac{A}{(B+D-C)\gamma_d} \quad (5)$$

Keterangan

Sg.SSD = Berat jenis jenuh kering permukaan (gr)

Sg.OD = Berat jenis kering oven (gr)

A = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer yang berisi air (gr)

C = Berat piknometer, benda uji dan ari (gr)

D = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

γ_d = Berat isi air pada suhu 4°C = 1 gr/cm³

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Berat Jenis Semen

Pengujian berat jenis dilakukan sebagai bagian dari proses perencanaan campuran (mix design) batako untuk menentukan karakteristik material penyusun, khususnya semen. Berat jenis semen didefinisikan sebagai perbandingan antara massa jenis semen dalam kondisi kering pada suhu ruang dengan massa jenis air suling pada suhu 27°C. Nilai berat jenis ini berperan penting dalam menentukan proporsi campuran material, karena akan memengaruhi kepadatan dan kekuatan akhir dari produk batako yang dihasilkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis semen yang digunakan berada dalam kisaran standar, sehingga memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan dalam pembuatan batako.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisis Berat Jenis Semen

Sampel	Berat (g)	Suhu (°C)	Berat Volume Air (gr/cm ³)	Berat Jenis Rata-rata (gr/cm ³)
Semen	64	27	0,99701	3,141

Pengujian sifat fisis terhadap material semen dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenisnya, yang merupakan parameter penting dalam menentukan kepadatan dan kualitas semen sebagai bahan perekat dalam campuran beton maupun batako. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, dengan menggunakan berat jenis air sebesar 0,99701 gr/cm³ sebagai acuan, diperoleh nilai berat jenis rata-rata semen sebesar 3,141 gr/cm³. Nilai ini berada dalam rentang berat jenis semen portland pada umumnya, yaitu antara 3,10–3,15 gr/cm³, yang menunjukkan bahwa semen yang digunakan memenuhi kriteria kualitas secara fisik untuk digunakan dalam campuran material bangunan.

3.2 Pengujian Berat Volume Pada Semen

Hasil pengujian berat volume padat semen dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik material dan sebagai dasar dalam menentukan komposisi campuran pada pembuatan batako. Berdasarkan pengujian laboratorium, diperoleh nilai rata-rata berat volume padat semen sebesar 1,145 gr/cm³. Nilai ini menunjukkan tingkat kerapatan material semen dalam kondisi padat dan menjadi acuan penting dalam perencanaan proporsi campuran batako agar memenuhi standar kekuatan dan kestabilan dimensi.

3.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi Agregat

Hasil pengujian menunjukkan adanya hubungan yang berbanding terbalik antara berat jenis agregat dengan daya serap air pada batako. Semakin tinggi nilai berat jenis agregat yang digunakan, maka semakin kecil nilai absorpsi air yang terjadi. Hal ini mengindikasikan bahwa agregat dengan massa jenis tinggi memiliki porositas yang lebih rendah, sehingga jumlah air yang dapat diserap oleh material pun semakin berkurang. Penurunan porositas ini turut berpengaruh terhadap peningkatan kerapatan batako, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan kekuatan tekan dan ketahanan terhadap pelapukan akibat kelembapan.

Selain itu, berat jenis agregat juga berpengaruh terhadap berat jenis total batako. Semakin besar berat jenis agregat, maka massa jenis batako yang dihasilkan cenderung meningkat. Konsekuensinya, hal ini akan mempengaruhi perhitungan proporsi campuran pada adukan batako, terutama dalam menentukan volume material yang digunakan untuk mencapai kepadatan dan mutu yang diinginkan. Oleh karena itu, karakteristik berat jenis agregat perlu dipertimbangkan secara cermat dalam proses perencanaan dan produksi batako, guna menghasilkan produk yang memenuhi standar teknis, baik dari segi kekuatan struktural maupun ketahanan fisik. Secara ringkas hasil pengujian berat jenis dan absorpsi agregat diperlihatkan dalam Tabel 3.

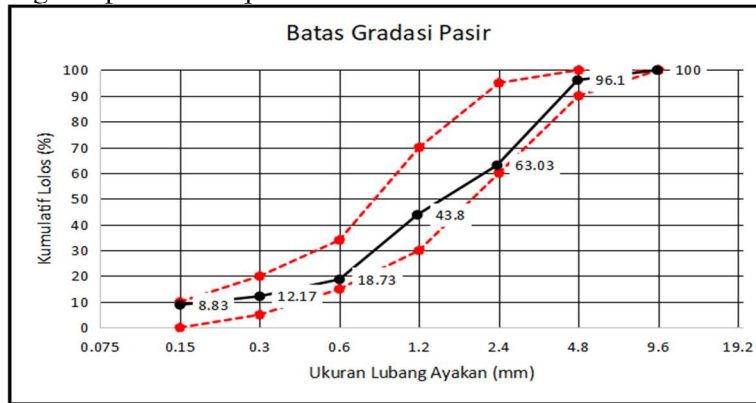
Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi Agregat

Hasil Uji	Pasir
B _j (OD)	2,552
B _j (SSD)	2,642
B _j (AAP)	2,745
Absorpsi (%)	2,667

3.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat

Pengujian analisis saringan dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran dan gradasi butiran agregat yang digunakan dalam campuran batako. Prosedur ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian ukuran butiran agregat terhadap standar yang dipersyaratkan dalam perencanaan material bangunan, khususnya pada produk batako. Gradasi agregat sangat berpengaruh terhadap kepadatan, kekuatan, serta daya serap air dari batako yang dihasilkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memiliki distribusi butiran yang memenuhi gradasi berkesinambungan, di mana fraksi agregat halus tersebar merata dari ukuran terbesar hingga terkecil. Kondisi gradasi yang baik ini berkontribusi dalam menghasilkan campuran yang lebih padat dan homogen, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan serta mengurangi porositas batako. Dengan demikian, hasil analisis saringan menunjukkan bahwa agregat yang digunakan layak untuk keperluan perencanaan campuran batako sesuai dengan kriteria teknis yang diharapkan.. Untuk hasil dari pengujian analisa saringan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan Gabungan Agregat Halus

3.5 Komposisi mix design benda uji (batako)

ada penelitian ini, campuran bahan penyusun batako direncanakan dengan perbandingan proporsi 1 bagian semen portland (PC) terhadap 3,5 bagian pasir (PS), atau 1PC : 3,5PS berdasarkan volume. Perencanaan campuran (mix design) ini dilakukan untuk menghasilkan mutu batako yang sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan dimensi 15 cm × 15 cm × 15 cm, sesuai dengan standar pengujian kuat tekan. Penggunaan dimensi tersebut bertujuan untuk memperoleh hasil pengujian yang representatif terhadap karakteristik mekanik batako yang diteliti. Campuran ini selanjutnya divariasikan dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi sebagian semen, guna mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan dan daya serap air batako. Berikut adalah tabel rekap perhitungan mix design batako:

Tabel 4 Kebutuhan Material Benda Uji

Material	Berat Material (Kg)				
	BN	BA-5%	BA-10%	BA-15%	BA-20%
Air	0.474	0.474	0.474	0.474	0.474
Semen	1.359	1.288	1.220	1.152	1.084
Pasir	4.746	4.746	4.746	4.746	4.746
ACKS	-	0.067	0.135	0.203	0.271

3.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako

Pengujian kuat tekan batako dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat Compression Testing Machine merek ELE International dengan kapasitas maksimum 2000 kN. Metode pengujian mengikuti prosedur standar, di mana benda uji dibebani secara bertahap dan kontinu hingga mencapai beban maksimum yang menyebabkan keretakan atau kehancuran pada batako. Nilai beban maksimum inilah yang digunakan untuk menghitung kuat tekan batako.

Sebelum proses pengujian kuat tekan dilaksanakan, dilakukan penimbangan berat batako dalam kondisi kering udara dan jenuh air. Tujuan dari penimbangan ini adalah untuk menghitung berat volume batako, yang menjadi salah satu parameter penting dalam menentukan sifat fisik dan kualitas material. Pengujian ini memberikan data kuantitatif terhadap kekuatan tekan masing-masing variasi campuran, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar evaluasi pengaruh substitusi abu cangkang kelapa sawit terhadap performa mekanik batako.. Hasil pengujian kuat tekan yang dihasilkan batako diperlihatkan pada Tabel 5 di bawah ini :

Tabel 5. Kuat Tekan Batako

Nama Benda Uji	Umur Batako	Kuat Tekan Rata-rata
	(Hari)	(MPa)
BN	28	8,88
BN-5	28	12,2
BN-10	28	7,9
BN-15	28	7,2
BN-20	28	6,7

3.7 Hasil Pengujian Penyerapan Air Batako

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui sejauh mana porositas batako yang diteliti, melalui metode perendaman penuh sesuai prosedur standar. Sampel batako terlebih dahulu direndam seluruhnya dalam air bersih pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah perendaman, sampel diangkat dan dibiarkan meniris selama ±1 menit, kemudian permukaannya diseka dengan kain lembap untuk menghilangkan kelebihan air tanpa mengganggu massa air yang terserap di dalam pori.

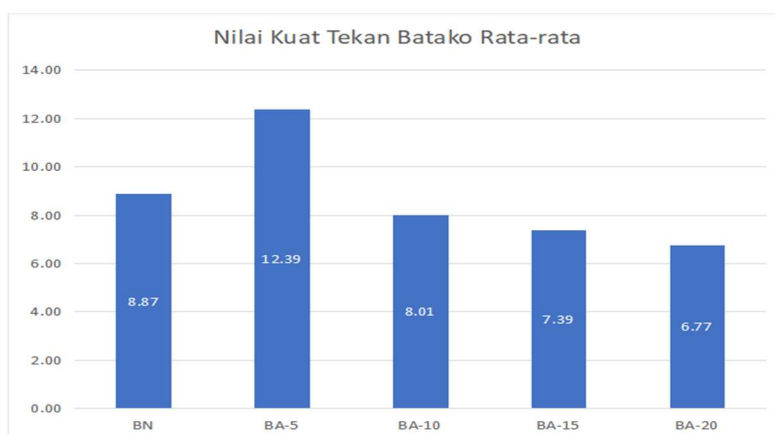
Selanjutnya, sampel batako ditimbang untuk memperoleh massa jenuh permukaan kering. Setelah proses penimbangan, sampel dikeringkan dalam oven pada suhu konstan sebesar 105°C hingga mencapai massa konstan. Hasil dari pengujian ini menjadi dasar untuk menghitung nilai persentase penyerapan air berdasarkan perbedaan antara massa jenuh permukaan kering dan massa kering oven. Nilai penyerapan air ini digunakan sebagai indikator kualitas batako dalam hal porositas dan kemampuan menyerap air, yang menjadi salah satu parameter penting sesuai standar SNI 03-0349-1989. kemudian ditimbang kembali dan mendapat kan hasil seperti di Tabel 6 seperti di bawah ini:

Tabel 6 Penyerapan Air Batako

Nama Benda Uji	Umur Batako	Penyerapan Air Rata-rata
	(Hari)	(%)
BN	28	10
BN-5	28	10,5
BN-10	28	13,4
BN-15	28	13,2
BN-20	28	15,3

3.8 Kuat Tekan Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit

Hasil pengujian kuat tekan batako dengan variasi persentase abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi semen menunjukkan adanya variasi nilai yang signifikan. Berdasarkan data hasil pengujian, batako tanpa penambahan abu (0%) atau sebagai kontrol (BN) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 90,5 kg/cm². Pada variasi substitusi 5% (BA-5), kuat tekan meningkat secara signifikan menjadi 127,4 kg/cm². Namun, pada variasi 10% (BA-10), kuat tekan menurun menjadi 80,5 kg/cm², dan terus mengalami penurunan pada variasi 15% (BA-15) dan 20% (BA-20), masing-masing sebesar 73,4 kg/cm² dan 68,3 kg/cm².



Gambar 3 Grafik Kuat Tekan Rata-rata

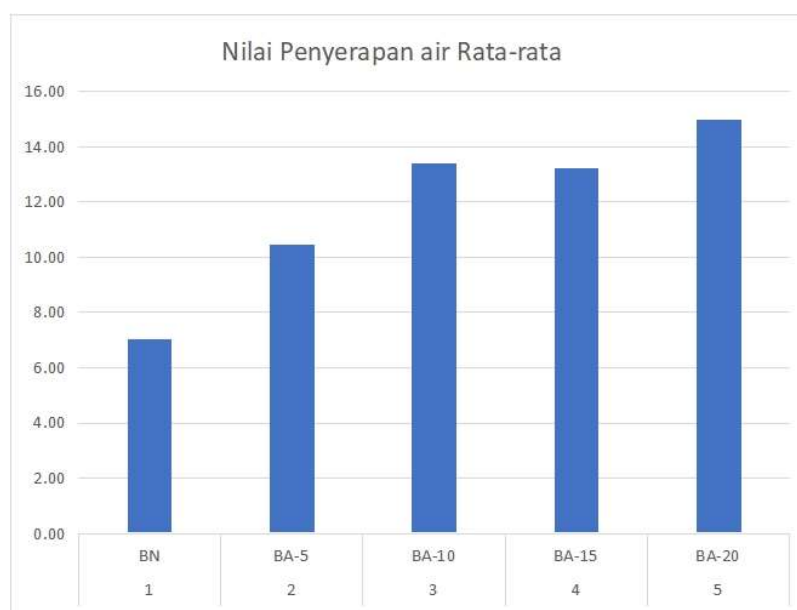
Kuat tekan maksimum diperoleh pada variasi BA-5, yang menunjukkan peningkatan sebesar $\pm 40,7\%$ dibandingkan batako kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kadar 5%, kandungan silika dalam abu cangkang kelapa sawit memberikan kontribusi positif terhadap reaksi pozzolanik yang mendukung terbentuknya ikatan antar partikel dalam campuran, sehingga menghasilkan struktur batako yang lebih padat dan kuat. Namun, peningkatan kadar abu di atas 5% cenderung menyebabkan penurunan kuat tekan, yang kemungkinan disebabkan oleh menurunnya proporsi semen sebagai bahan pengikat utama, sehingga kemampuan ikat material campuran menjadi berkurang.

Seluruh variasi campuran masih memenuhi ketentuan minimal kuat tekan batako berdasarkan SNI 03-0349-1989, yaitu 100 kg/cm^2 untuk klasifikasi Mutu I, khususnya pada variasi BA-5. Sementara itu, variasi lainnya masih dapat dikategorikan dalam mutu II dengan kuat tekan minimum 75 kg/cm^2 , kecuali pada variasi BA-20 yang berada sedikit di bawah batas tersebut.

Dengan demikian, penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi sebagian semen pada komposisi 5% dapat dianggap sebagai komposisi optimum yang mampu meningkatkan kekuatan tekan batako sekaligus mendukung pemanfaatan limbah industri secara berkelanjutan dalam bidang konstruksi.

3.9 Kuat Tekan Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit

Pengujian terhadap penyerapan air pada batako dilakukan di laboratorium untuk mengevaluasi sejauh mana kemampuan batako dalam menyerap air, khususnya akibat substitusi sebagian semen dengan abu cangkang kelapa sawit. Hasil pengujian yang menunjukkan tren peningkatan nilai penyerapan air seiring dengan meningkatnya persentase abu cangkang kelapa sawit dalam campuran.



Gambar 4 Grafik Penyerapan Air Rata-rata Batako

Pada variasi 0% (kontrol/batako normal), nilai rata-rata penyerapan air sebesar 7%. Selanjutnya, pada variasi 5%, nilai penyerapan meningkat menjadi 10,5%; variasi 10% sebesar 13,4%; variasi 15% sebesar 13,2%; dan variasi 20% menunjukkan penyerapan tertinggi, yaitu sebesar 15,3%. Peningkatan penyerapan air ini mengindikasikan bahwa penambahan abu cangkang kelapa sawit dapat mempengaruhi porositas internal batako, yang kemungkinan disebabkan oleh sifat fisik partikel abu yang lebih halus dan reaktif dibandingkan semen, sehingga mempengaruhi struktur mikro beton.

Meskipun terdapat peningkatan nilai penyerapan air dibandingkan batako normal, seluruh variasi campuran masih berada di bawah ambang batas maksimum 25% sesuai dengan SNI 03-0349-1989 untuk kategori mutu I. Hal ini menunjukkan bahwa batako yang diproduksi dengan substitusi abu cangkang kelapa sawit masih memenuhi persyaratan teknis dalam hal daya serap air. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit hingga 20% masih dapat diterima dari segi penyerapan air, meskipun peningkatan nilai serapan perlu menjadi perhatian dalam aplikasi pada lingkungan dengan kelembaban tinggi.

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium terhadap pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan substitusi parsial semen dalam pembuatan batako, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai kuat tekan batako tertinggi dicapai pada variasi BA-5 dengan substitusi abu cangkang kelapa sawit sebesar 5%, yaitu sebesar 12,2 MPa. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan batako normal (BN) sebesar 8,88 MPa dan masih memenuhi klasifikasi mutu I sesuai SNI 03-0349-1989. Peningkatan substitusi di atas 5% menyebabkan penurunan kuat tekan secara bertahap, namun variasi BA-10 dan BA-15 tetap berada pada mutu I, sedangkan variasi BA-20 masuk dalam mutu II.
- Nilai penyerapan air terendah juga diperoleh pada variasi BA-5 sebesar 10,5%, yang masih mendekati nilai penyerapan batako normal (10%). Pada variasi substitusi selanjutnya, terjadi peningkatan nilai penyerapan, namun seluruh variasi tetap memenuhi persyaratan mutu I dengan nilai penyerapan air <25% sesuai ketentuan dalam SNI 03-0349-1989.

Dengan demikian, abu cangkang kelapa sawit pada kadar 5% terbukti memberikan performa optimum terhadap kuat tekan dan daya serap air batako, serta berpotensi digunakan sebagai material alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis dalam industri konstruksi.

5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia.

6. Referensi

- [1] Abu, D. A. N., Padi, S., Husk, R., Sebagai, A. S. H., Subtitusi, B., & Pembuatan, D. (2018). Pemanfaatan abu boiler pabrik kelapa sawit dan abu sekam padi (. 6(2), 327–333.
- [2] Anonim. (2010). ASTM C 33-99a : Standard Spesification for Concrete Aggregates. Annual Book of ASTM Standards, i(C), 1–11.
- [3] Anonim. (1982). BSN. PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA (PUBI - 1982). 1–344.
- [4] Anonim, SNI 03-0349-1989. (1989). Bata beton untuk pasangan dinding. Standar Nasional Indonesia, ICS 91.100(1), 1–6.
- [5] Anonim, SNI 03-1968-1990. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Badan Standar Nasional Indonesia, 1–5.
- [6] Anonim, SNI 15-2049-2004. (2004). Semen Portland. SNI Semen Portland, 10(1), 5–14. <https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>
- [7] Anonim, 1991, SNI 15-2530-199. Metode pengujian kehalusan semen portland. 1, 10.
- [8] Anonim, 2008, SNI 1969-2008. Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Badan Standar Nasional Indonesia, 20.
- [9] Agamuthu, P., Tan, Y. S., & Fauziah, S. H. (2013). Bioremediation of Hydrocarbon Contaminated Soil Using Selected Organic Wastes. *Procedia Environmental Sciences*, 18, 694–702. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.04.094>
- [10] Arnita, (2024). Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Sawit Untuk Peningkatan Kualitas Batu Bata. Skripsi. Universitas Sulawesi Barat.
- [11] Asri Mulyadi1), G. L. (2019). Jurnal Teknik Sipil UNPAL Vol 9 , No 2 , Nopember 2019 B . Spesifikasi Mortar C . Material Campuran Mortar. 9(2), 88–93.
- [12] Budhi Rahardja, I., Nia Surbakti, V. C., Siregar, A. L., Pengolahan Hasil Perkebunan, T., Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi, P., Gapura No, J., Banteng, R., Bekasi, K., & Barat, J. (2022). Empowering Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kualitas Bata Beton Ringan (Light-Weight Concrete). *Jurnal Teknologi*, 14(1), 119–126. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/11050>.
- [13] Daliana Elvira, Meilandy Purwandito, & Irwansyah. (2023). Analisis Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Hijau (Perna Viridis) Sebagai Agregat Terhadap Kuat Tekan Campuran Beton. *Journal of Planning and Research in Civil Engineering*, 2(2), 180-193. <https://doi.org/10.55616/prince.v2i2.493>
- [14] David, L. (2019). Uji kuat tekan dan daya serap air batako dengan variasi penambahan abu cangkang kerang. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. <http://repository.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/16070>

- [15] Iqbal, Muhammad and , Ir. Mochamad Solikin, S. T., M.T., Ph.D. (2024). Analisis Variasi Penggunaan Bahan Tambah Abu Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batako (Suatu Studi Literatur). Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [16] Jalali, N. A. (2017). Pemanfaatan Abu Sabut Kelapa Sawit Dan Pengaruhnya Terhadap Karakteristik Batako. Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur, 13(1), 1-14).
- [17] Mallisa H. (2011). Studi Kelayakan Kualitas Batako Hasil Produksi Industri Kecil Di Kota Palu. Media Litbang Sulteng, 2(2), 75–82.