

KORELASI HUBUNGAN SIFAT MEKANIK DAN INDEKS PLASTISITAS PADA BATU BATA DENGAN CAMPURAN ABU CANGKANG SAWIT

Iswan¹, Aminudin Syah², Muhammad Nasih Ulwan³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141

E-mail : iswan.1972@eng.unila.ac.id; aminudin.syah@eng.unila.ac.id; ulwannasih3@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit (ACS) merupakan salah satu metode potensial untuk perbaikan mutu bata merah konvensional melalui modifikasi pada sifat-sifat mekaniknya. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara sifat mekanik pada batu bata yang dicampur abu cangkang sawit (ACS), serta mengkaji peran indeks plastisitas (*IP*) tanah terhadap sifat-sifat tersebut. Metode pembuatan batu bata menggunakan dua metode yaitu batu bata lapangan dan batu bata kadar air optimum (KAO) dengan berbagai variasi ACS (0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%), yang kemudian diuji sifat mekaniknya. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan korelasi hubungan antar sifat mekanik dan indeks plastisitas terhadap peningkatan kualitas batu bata campuran abu cangkang sawit (ACS). Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang kuat antar sifat mekanik. Terdapat hubungan positif antara kerapatan semu dan kuat tekan, serta hubungan negatif antara daya serap air dengan kuat tekan dan kerapatan semu. Secara signifikan, ditemukan bahwa sifat mekanik optimal dengan kuat tekan maksimum (52,43 kg/cm²), kerapatan semu tertinggi (1,65 gram/cm³), dan daya serap air terendah (16,80%) tercapai secara konsisten pada nilai indeks plastisitas 14,50%, yang bertepatan dengan campuran 6% ACS. Peningkatan indeks plastisitas hingga titik optimal ini secara signifikan meningkatkan kualitas batu bata, namun penambahan ACS lebih lanjut yang mengubah indeks plastisitas melewati titik ini justru menurunkan performa mekaniknya, menunjukkan bahwa indeks plastisitas salah satu parameter kunci yang menentukan keberhasilan penggunaan ACS sebagai bahan campuran dalam pembuatan batu bata.

Kata kunci : abu cangkang sawit, batu bata, indeks plastisitas, sifat mekanik

ABSTRACT

The use of palm kernel shell ash (ACS) is one potential method for improving the quality of conventional red bricks by modifying their mechanical properties. This study aims to analyze the relationship between the mechanical properties of bricks mixed with palm kernel shell ash (ACS), as well as to examine the role of soil plasticity index (PI) on these properties. The bricks were made using two methods, namely field bricks and optimum moisture content (OMC) bricks with various variations of ACS (0%, 4%, 6%, 8%, and 10%), which were then tested for their mechanical properties. The purpose of this study was to obtain a correlation between mechanical properties and plasticity index in relation to the improvement of the quality of palm kernel shell ash (PKS) mixed bricks. The results showed a strong correlation between mechanical properties. There was a positive relationship between bulk density and compressive strength, and a negative relationship between water absorption and compressive strength and bulk density. Significantly, it was found that the optimal mechanical properties with maximum compressive strength (52.43 kg/cm²), highest apparent density (1.65 grams/cm³), and lowest water absorption (16.80%) were consistently achieved at a plasticity index value of 14.50%, which coincided with a 6% ACS mixture. Increasing the plasticity index to this optimal point significantly improved the quality of the bricks, but further addition of ACS, which changed the plasticity index beyond this point, actually reduced their mechanical performance, indicating that the plasticity index is one of the key parameters determining the successful use of ACS as a mixing material in brick manufacturing.

Keywords: bricks, mechanical properties, palm kernel shell ash, plasticity index

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Batu bata adalah material yang lazim dimanfaatkan dalam konstruksi bangunan untuk membuat dinding. Dinding itu sendiri memiliki peran krusial sebagai bagian dari struktur dan berfungsi untuk melindungi isinya dari gangguan cuaca (panas, hujan, angin) dan lingkungan sekitar. Selain batu bata, material konstruksi lain seperti batako, papan, atau triplek juga dapat digunakan untuk fungsi yang sama. Kendati telah berkembang berbagai bahan alternatif sebagai pengisi dinding, eksistensi batu bata konvensional masih sangat diminati oleh masyarakat luas, terutama yang berdomisili di pulau Jawa masih lebih menyukai menggunakan batu bata (Rahmawati & Saputro, 2015). Alasan utama mengapa batu bata tanah liat masih menjadi pilihan adalah karena faktor biaya yang murah dan proses produksi yang sederhana. Selain itu, material ini juga menawarkan sifat unggul seperti ketahanan terhadap api, kimia, korosi, serta masa pakai yang panjang (Gencel et al., 2020).

Proses pembuatan batu bata merah secara melibatkan campuran tanah liat, air, dan pasir, yang terkadang ditambah bahan lain. Adonan ini kemudian dijemur, lalu melewati proses pembakaran pada suhu tinggi agar mengeras dan menjadi tahan air. Akan tetapi, tingginya permintaan pasar terhadap batu bata menyebabkan bahan baku utamanya menjadi langka dan mahal, serta menimbulkan dampak negatif bagi kelestarian lingkungan.

Untuk mencegah penyusutan, bahan baku batu bata merah sebaiknya terbuat dari tanah liat yang sedikit berpasir dan tidak terlalu plastis (Zuraida, 2012). Saat ini, menemukan tanah berkualitas tinggi yang ideal untuk pembuatan batu bata menjadi sebuah tantangan. Ketersediaan tanah di lapangan umumnya tidak memenuhi standar, di mana tanah tersebut memiliki tingkat plastisitas yang terlalu tinggi atau kandungan pasir yang berlebihan. Kondisi material seperti ini secara langsung menyebabkan penurunan mutu kekuatan tekan pada batu bata yang dihasilkan.

Salah satu material alternatif yang berpotensi sebagai bahan campuran pada produksi batu bata adalah abu cangkang sawit (ACS). Material ini adalah produk dari sisa proses pembakaran cangkang kelapa sawit. Saat ini abu cangkang sawit belum dimanfaatkan secara optimal dan cenderung dibuang sebagai limbah padat, yang mengakibatkan akumulasi dalam volume besar di sekitar lokasi pabrik.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa di dalam abu cangkang sawit memiliki banyak kandungan silika (SiO_2). Selain itu abu cangkang sawit mengandung berbagai senyawa kimia seperti Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO . Ketika senyawa silika (SiO_2) dan kapur bebas CaO yang ada pada abu cangkang sawit maupun tanah lempung saling bereaksi, akan terbentuk sebuah gel bernama *kalsium silikat hidrat* (CSH). Gel yang bersifat kuat dan keras inilah yang kemudian berfungsi sebagai pengikat partikel-partikel tanah dalam struktur batu bata. (Ingles & Metcalf, 1973).

Pemanfaatan Abu Cangkang Sawit (ACS) sebagai campuran dalam produksi batu bata memiliki dua tujuan utama. Dari segi teknis, penambahan ACS diharapkan mampu meningkatkan kualitas produk, seperti kekuatan tekan dan daya tahannya terhadap perubahan cuaca, sekaligus menekan biaya produksi. Dari segi lingkungan, inisiatif ini merupakan solusi untuk mengelola limbah pertanian dan mengurangi dampaknya

Pada penelitian ini akan menguji hubungan antar sifat mekanik batu bata dengan indeks plastisitas batu bata campuran abu cangkang sawit, sehingga mendapatkan nilai indeks plastisitas yang ideal dan variasi campuran abu cangkang sawit yang paling efektif. Selain itu dalam penelitian ini pembuatan batu bata akan menggunakan dua metode yaitu, metode Kadar Air Optimum (KAO) dan metode lapangan. Metode Kadar Air Optimum (KAO) adalah metode yang kadar campuran airnya disesuaikan dengan kadar air optimum tanah asli. Sedangkan metode lapangan adalah metode yang kadar airnya sesuai yang terjadi di lapangan. Diharapkan kedua metode ini dapat meningkatkan kualitas dan mutu batu bata yang dihasilkan.

Rumusan Masalah

Penelitian ini berfokus pada dua masalah utama. Pertama, menganalisis perbandingan sifat mekanik batu bata yang dihasilkan dengan menggunakan berbagai variasi jumlah abu cangkang sawit. Kedua, mengkaji dampak penambahan abu cangkang sawit terhadap indeks plastisitas bahan baku selama proses pembuatan batu bata

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian diperlukan untuk menetapkan apa yang ingin dicapai peneliti dalam penelitian. Berikut adalah tujuan pada penelitian ini yaitu: Menganalisis pengaruh penambahan Abu

Cangkang Sawit (ACS) terhadap sifat mekanik batu bata, dalam hal ini yang dilihat adalah nilai kuat tekan, daya serap air dan kerapatan semu. Mengetahui perbandingan antar sifat mekanik batu bata dengan berbagai macam campuran abu cangkang sawit.

Mencari kadar yang paling optimal dari campuran Abu Cangkang Sawit (ACS) dan indeks plastisitas paling ideal dalam pembuatan batu bata campuran abu cangkang sawit.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian merujuk pada pengaturan batasan atau ruang lingkup penelitian guna menghindari topik yang terlalu luas atau menyimpang dari tujuan penelitian. Dengan adanya batasan masalah penelitian menjadi lebih fokus dan hasil yang diperoleh lebih relevan dan dapat dipertanggungjawabkan.

Pada penelitian ini hanya berfokus pada hubungan antar sifat mekanik batu bata dengan variasi campuran abu cangkang sawit dan hubungan indeks plastisitas dengan sifat mekanik batu bata campuran abu cangkang sawit.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah adalah material kompleks yang terdiri dari komponen padat, cair, dan gas. Komponen padatnya berupa butiran mineral yang tidak terikat secara kimia serta partikel bahan organik yang telah terurai. Sementara itu, komponen cair dan gas menempati ruang-ruang kosong di antara komponen padat tersebut (Das, 1995).

Tanah didefinisikan sebagai kumpulan partikel mineral dari hasil pelapukan batuan, yang memiliki ikatan antarpartikel lemah. Kelemahan ikatan ini disebabkan oleh senyawa karbonat, oksida, atau material organik. Di antara partikel-partikel tersebut, terdapat ruang kosong atau pori-pori yang diisi oleh air dan udara.

Dari pelapukan tersebut menghasilkan tanah sisa (*residual soil*) yang tetap berada di tempat asalnya, dan tanah bawaan (*transported soil*) yang telah berpindah dan mengendap di lokasi baru. Proses perpindahan ini dapat terjadi melalui media air, angin, gravitasi, maupun gletser, yang selama prosesnya dapat mengubah bentuk serta mengelompokkan partikel tanah ke dalam rentang ukuran yang berbeda.

Pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisik dan kimiawi. Proses fisik memecah batuan secara mekanis, seperti melalui erosi oleh angin, kikisan air dan gletser, atau retakan akibat siklus beku-cair air. Sementara itu, proses kimiawi

mengubah susunan mineral asli batuan, yang umumnya dipicu oleh reaksi dengan air (yang bersifat asam atau alkali), oksigen, dan karbondioksida. (Craig, 1987).

Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah berfungsi mengelompokkan beragam jenis tanah yang memiliki sifat serupa, berdasarkan pemakaiannya. Tujuannya adalah menciptakan sebuah bahasa sederhana untuk merangkum karakteristik umum tanah tanpa perlu penjelasan detail. Meski kini ada banyak sistem klasifikasi, sifat tanah yang sangat beragam membuat tidak ada satu sistem pun yang bisa secara sempurna memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya (Das, 1995).

Salah satu metode pengelompokkan tanah menurut Hardiyatmo (2018) adalah dengan mengelompokkan berdasarkan berat jenisnya seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai-nilai Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau organik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Lempung anorganik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,28

Sumber: Hardiyatmo, 2018

Selain pengelompokkan berdasarkan berat jenis diatas, tanah juga biasanya dikelompokkan secara umum ke dalam kelompok yang memiliki kesamaan fisiknya. Salah satu sistem klasifikasi yang paling sering digunakan adalah sistem yaitu USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi tanah USCS merupakan sistem bertahap yang dimulai dengan memilah tanah menjadi kategori butiran kasar atau halus menggunakan saringan No. 200. Untuk tanah berbutir kasar, identifikasi dilanjutkan dengan menetapkannya sebagai kerikil (G) atau pasir (S) yang diberi simbol tambahan berdasarkan kurva gradasi (W/P) atau jenis kandungan halusness (M/C). Sementara itu, untuk tanah berbutir halus, klasifikasinya ditentukan oleh karakteristik plastisitasnya melalui nilai Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) yang dipetakan pada Bagan Plastisitas, di mana posisi plotnya akan mengkategorikan tanah sebagai lempung (C) atau

lanau (M) dengan tingkat plastisitas rendah (L) atau tinggi (H) untuk menghasilkan simbol akhir seperti CH atau ML.

Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan material multi-komponen yang tersusun dari tiga fase, yaitu padat, cair, dan udara. Fase padatnya bersifat *polyamorphous* (memiliki banyak bentuk) dan mencakup campuran mineral organik serta anorganik. Unsur utama dalam fase padat ini adalah mineral lempung, yang merupakan kristal-kristal sangat tipis hasil dari perubahan kimiawi mineral pada batuan dasar.

Secara umum, tanah lempung dicirikan oleh ukuran butirannya yang sangat halus (kurang dari 0,002 mm). Karakteristik ini membuatnya bersifat sangat kohesif (saling melekat) dan memiliki permeabilitas yang rendah, sehingga sulit ditembus air. Akibatnya, lempung cenderung menunjukkan kenaikan air kapiler dan kadar kembang susut yang tinggi, serta proses konsolidasi yang berjalan lambat. Sifat-sifat ini juga berkontribusi pada tingkat plastisitasnya yang tinggi, yang umumnya memiliki nilai indeks plastisitas lebih dari 17% (Hardiyatmo, 2018). Berikut adalah nilai indeks plastisitas dan macam tanah.

Tabel 2. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI (%)	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastisitas	Pasir	Non kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: Hardiyatmo, 2018

Tanah lempung digunakan dalam batu bata sebagai bahan dasar dikarenakan memiliki sifat plastisitas yang tinggi. Yang memudahkan dalam pencetakan.

Batu Bata

Berdasarkan SNI 15-2094-2000, batu bata merah merupakan komponen untuk pasangan dinding yang proses pembuatannya melibatkan pembakaran tanah liat pada suhu tertentu. Material ini memiliki bentuk prisma segi empat panjang dan dapat berupa bata pejal atau bata

berlubang.

Menurut (Maidiawati et al., 2011) batu bata ternyata dapat meningkatkan kekuatan bangunan dan kerangka strukturnya, sebuah fungsi yang melampaui perannya sebagai sekadar pengisi dinding non-struktural. Temuan ini didukung oleh observasi pasca-gempa Sumatera tahun 2007, di mana banyak bangunan berdinding batu bata terbukti mampu bertahan dari guncangan.

Dalam SNI 15-2094-2000 batu bata memiliki beberapa syarat mutu yang harus dipenuhi meliputi:

- Sifat Tampak batu bata merah yang baik harus memiliki bentuk prisma segi empat panjang yang presisi, dengan ciri-ciri rusuk yang tegas dan siku, permukaan yang rata, serta kondisi fisik yang utuh tanpa keretakan.
- Ukuran dan Toleransi Standar Bata Merah.

Tabel 3. Ukuran dan Toleransi Bata Merah Pasangan Dinding

Modul	Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65 ± 2	92 ± 2	190 ± 4
M-5b	65 ± 2	100 ± 2	190 ± 4
M-6a	52 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M-6b	55 ± 3	110 ± 2	230 ± 5

Sumber: (SNI 15-2094-2000)

- Kuat Tekan

Tabel berikut menunjukkan nilai koefisien variasi yang diizinkan untuk kuat tekan rata-rata batu bata merah.

Tabel 4. Kuat Tekan

Kelas	Kuat Tekan Rata-Rata Minimum dari 30 Bata yang di Uji Kg/cm ² (MPa)	Koefisien Variasi dari Kuat Tekan Rata-Rata yang di Uji
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

Sumber: (SNI 15-2094-2000)

- Garam berbahaya

Beberapa jenis garam yang mudah larut dan berpotensi berbahaya bagi batu bata antara lain Natrium Sulfat (Na₂SO₄), Kalium Sulfat (K₂SO₄), dan Magnesium Sulfat (MgSO₄). Terkait hal ini, terdapat dua batasan yang harus dipenuhi: total kandungan garam tidak boleh melebihi 1,0%, dan efek

pengkristalannya tidak boleh menutupi lebih dari 50% permukaan batu bata dengan lapisan yang tebal.

e. Kerapatan semu

Nilai 1,2 gram/cm³ adalah nilai minimum batasan kerapatan semu pada batu bata merah

f. Penyerapan air

Nilai 20% adalah nilai maksimum penyerapan air pada batu bata merah

Abu Cangkang Sawit

Abu cangkang sawit adalah abu hasil limbah pembakaran cangkang sawit. Abu yang dihasilkan dari pembakaran cangkang kelapa sawit ini memiliki karakteristik berupa partikel yang halus dan ringan. Sifat-sifat ini membuatnya berpotensi untuk digunakan sebagai material pengisi rongga (filler) maupun sebagai agen pengikat antar agregat (Azizah et al., 2023). Seiring berjalannya waktu, limbah abu cangkang sawit terus mengalami penumpukan, apabila limbah abu cangkang sawit terbawa air maka akan menimbulkan pencemaran terhadap air. Selain itu juga abu cangkang sawit dapat terbawa angin di udara sehingga menyebabkan polusi di udara. Apabila abu cangkang sawit tidak diatasi atau dimanfaatkan akan menimbulkan dampak pencemaran yang lebih serius.

Dengan pemanfaatan yang tepat, abu cangkang sawit dapat menjadi sumber daya yang sangat berharga dalam berbagai aplikasi industri dan pertanian.

Di dalam abu cangkang sawit memiliki banyak kandungan silika, selain itu ada lagi kandungan kation anorganik seperti natrium dan kalium (Graille et al., 1985). Berikut adalah kandungan lain yang terdapat dalam abu cangkang sawit:

Tabel 5. Unsur Kimia Abu Cangkang Sawit

Unsur Kimia	Persentase %
SiO ₂	58,02
Al ₂ O ₃	8,7
Fe ₂ O ₃	2,6
CaO	12,56
MgO	4,23
Na ₂ O	0,41
K ₂ O	0,72
H ₂ O	1,97
Hasil Pijar	8,59

Sumber: (Hutahaean, 2007 dalam Herman & Rolly I, 2017)

Metodologi Penelitian

Lokasi Penelitian

Batu bata sebagai benda uji untuk penelitian ini

dibuat di Jalan A. Kadir I 134, Rajabasa, Bandar Lampung, dengan menggunakan abu cangkang sawit yang didapatkan dari PT. Aman Jaya Perdana, sebuah pabrik pengolahan inti sawit di Kecamatan Sukabumi, Bandar Lampung. Penentuan lokasi pembuatan batu bata ini didasarkan pada pertimbangan strategis, yaitu kedekatannya dengan Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung untuk mempermudah mobilisasi dan mengurangi risiko kerusakan sampel. Selain itu, lokasi tersebut merupakan distributor batu bata, sehingga produk konvensional dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai sampel kontrol dan tolok ukur kualitas industri bata lokal di wilayah Bandar Lampung.

Sampel Pengujian

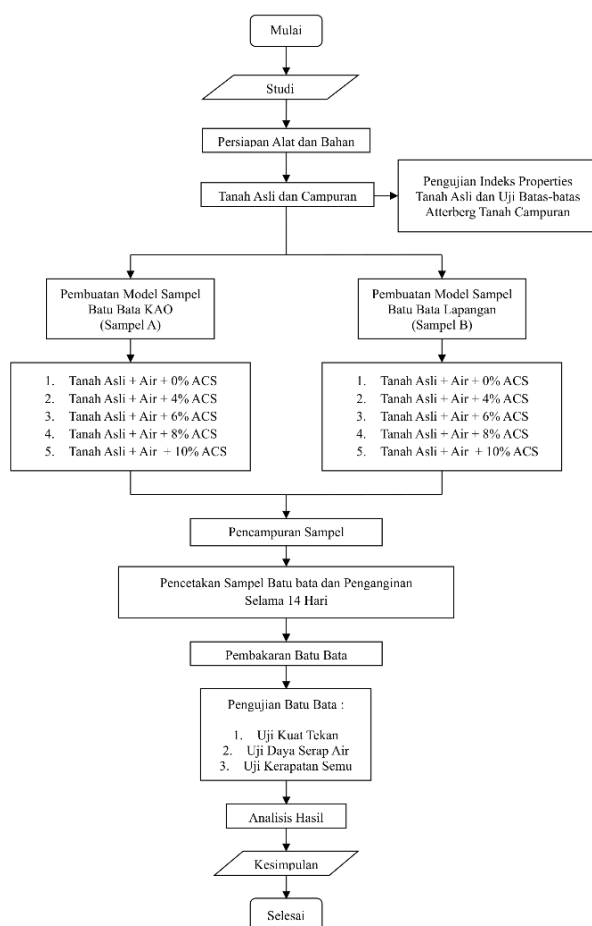
Pada penelitian ini, bahan uji yaitu batu bata menggunakan variasi Abu Cangkang Sawit (ACS) sebesar 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Penentuan variasi campuran dalam penelitian ini didasarkan pada temuan dari riset-riset sebelumnya yang menunjukkan adanya perubahan kualitas pada batu bata setelah ditambahkan abu cangkang sawit. Untuk mengukur dampak perubahan tersebut secara efektif, sampel dengan komposisi 0% abu cangkang sawit ditetapkan sebagai kontrol fundamental, yang berfungsi sebagai acuan atau standar pembandingan utama dalam menilai setiap variasi lainnya. Berdasarkan literatur, penambahan Abu Cangkang Sawit (ACS) pada konsentrasi rendah hingga menengah (umumnya di bawah 10%) berpotensi meningkatkan kuat tekan melalui reaksi *pozzolanic* yang membentuk matriks pengikat tambahan. Namun, penambahan berlebih dapat menurunkan kualitas akibat berkurangnya proporsi tanah liat sebagai pengikat utama. Oleh karena itu, rentang hingga 10% dipilih untuk mengamati peningkatan kualitas ini secara terfokus. Sedangkan penggunaan variasi persentase 4%, 6%, dan 8% bertujuan untuk melakukan analisis yang lebih mendetail dan presisi. Interval ini dipilih agar dapat menentukan komposisi campuran yang paling optimal secara akurat, sekaligus berfungsi untuk mengonfirmasi dan menyempurnakan hasil yang telah diperoleh dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Untuk mengetahui sifat fisik tanah asli, penelitian ini melakukan serangkaian pengujian indeks *properties* berupa uji kadar air, berat jenis, berat volume, batas-batas *atterberg*, dan analisa saringan. Pada tanah campuran abu cangkang

sawit dilakukan pengujian batas-batas *atterberg* untuk mengetahui nilai batas cair, batas plastis dan indeks plastisitasnya sehingga dapat dihubungkan dengan sifat mekanik batu bata. Pada pengujian ini sampel yang digunakan adalah 10 sampel tanah yang akan dilakukan pengujian indeks *properties* tanah asli dan campuran variasi abu cangkang sawit. Serta 90 sampel batu bata untuk menguji sifat mekaniknya.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui korelasi hubungan antar sifat mekanik batu bata dengan indeks plastisitas batu bata. Sehingga mendapatkan nilai indeks plastisitas yang ideal dan variasi campuran abu cangkang sawit yang paling optimal. Metode penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu, studi literatur, pembuatan bahan uji, pengujian indeks *properties* tanah asli dan tanah campuran, pengujian batu bata, analisis hasil dan pembahasan. langkah penelitiannya disajikan dalam sebuah diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Tanah asli

Berikut hasil penelitian yang didapatkan dari hasil pengujian indeks *properties* tanah asli:

Tabel 6. Hasil Uji Tanah Asli

Pengujian	Hasil	Satuan
Kadar air	20,50	%
Berat jenis	2,58	%
Batas cair (<i>LL</i>)	51,20	%
Batas plastis (<i>PL</i>)	27,45	%
Indeks plastisitas (<i>PI</i>)	23,75	%
Berat volume	2,07	gr/cm ³
Kadar air optimum	27,5	%
Berat kering maksimum	1,41	gr/cm ³
Lolos saringan No.200	53,41	%

(Hasil Uji Laboratorium, 2025)

Tanah asli yang digunakan dalam penelitian ini jika mengacu pada sistem klasifikasi USCS dikategorikan sebagai tanah berbutir halus, karena 53,41% butirannya berhasil lolos saringan No. 200 (melebihi batas 50%). Sifat plastisitasnya yang tinggi dikonfirmasi oleh nilai batas cair (*LL*) sebesar 51,20% (>50%), dan setelah dihitung, indeks plastisitas (*PI*) tanah ini adalah 23,75 (hasil dari 51,20% *LL* dikurangi 27,45% *PL*). Dengan demikian, akumulasi data dari pengujian ini menyimpulkan bahwa tanah ini termasuk ke dalam kelompok klasifikasi CH, yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.

Uji Tanah Campuran

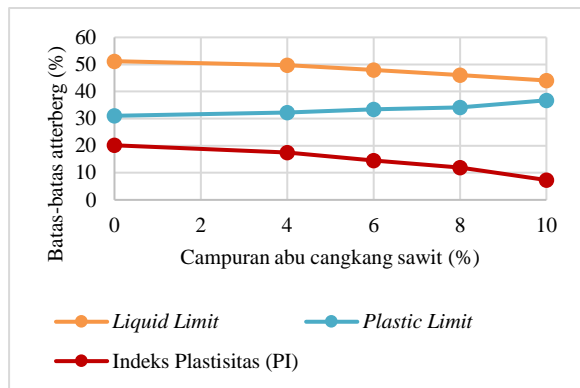
Untuk menganalisis pengaruh perubahan sifat fisik tanah ketika dicampurkan abu cangkang sawit, maka dilakukan pengujian batas-batas *atterberg*, dengan hasil yang disajikan sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Tanah Campuran

Campuran	Batas Cair (<i>LL</i>) %	Batas Plastis (<i>PL</i>) %	Indeks Plastisitas (<i>IP</i>) %
Tanah Asli (0% ACS)	51,20	27,45	23,75
Tanah + 4 % ACS	49,78	32,29	17,49
Tanah + 6 % ACS	47,96	33,46	14,50
Tanah + 8 % ACS	46,06	34,18	11,88
Tanah + 10 % ACS	44,08	36,76	7,32

(Hasil Uji Laboratorium, 2025)

Dari data kita simpulkan bahwa pencampuran abu cangkang sawit (ACS) ke dalam tanah dapat secara signifikan memengaruhi sifat plastisitasnya. Pengaruh ini terbukti dari perubahan nilai batas-batas *atterberg*, di mana terjadi penurunan pada nilai batas cair (*LL*) dan indeks plastisitas (*PI*), serta kenaikan pada nilai batas plastis (*PL*), nilai batas-batas *atterberg* yang diperoleh dan dihubungkan dengan variasi penambahan abu cangkang sawit dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hubungan Batas-batas *Atterberg* dan Variasi Campuran Abu Cangkang Sawit

Pada campuran 6% ACS pada tanah, nilai batas cair (*LL*) turun sebesar 3,24% atau 6,33% dari nilai batas cair tanah asli. Nilai indeks plastisitas (*PI*) turun sebesar 9,25% atau 38,95% dari nilai *PI* tanah asli, sedangkan nilai batas plastis (*PL*) memiliki peningkatan sebesar 6,01% atau 21,90% dari nilai batas plastis tanah asli. Pada campuran 10% yaitu campuran terbanyak pada penelitian ini, nilai batas cair (*LL*) turun sebesar 7,12% atau 13,90% dari tanah asli. Nilai indeks plastisitas (*PI*) turun sebesar 16,43% atau 69,18% dari tanah asli, dan untuk batas plastis (*PL*) mengalami peningkatan sebesar 9,31% atau 33,92% dari nilai batas plastis tanah asli. Berdasarkan hasil penelitian diatas yang menguji batas-batas *atterberg* tanah campuran menunjukkan bahwa sifat fisik tanah akan mengalami perubahan ketika ditambahkan bahan stabilan berupa abu cangkang sawit.

Uji Sifat Mekanik Batu Bata

Sifat mekanik batu bata yang diuji pada penelitian ini adalah kuat tekan, daya serap air dan kerapatan semu, ini diperlukan untuk melihat mutu dan kualitas batu bata yang dihasilkan. berikut hasil uji sifat mekanik batu bata

campuran abu cangkang sawit:

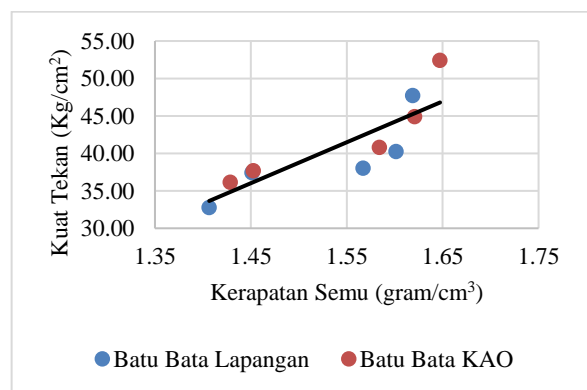
Tabel 8. Hasil Uji Sifat Mekanik Batu Bata

Variasi Campuran Abu Cangkang Sawit	Kuat Tekan	Daya Serap air	Kerapatan Semu
0%	38,04	19,09	1,57
4%	40,24	17,60	1,60
6%	47,74	17,37	1,62
8%	37,44	18,00	1,45
10%	32,79	19,01	1,41
KAO 0%	40,79	17,97	1,58
KAO 4%	44,89	16,92	1,62
KAO 6%	52,43	16,80	1,65
KAO 8%	37,69	18,07	1,45
KAO 10%	36,14	18,08	1,43

(Hasil Uji Laboratorium, 2025)

Hubungan Antar Sifat Mekanik Batu Bata Campuran Abu Cangkang Sawit

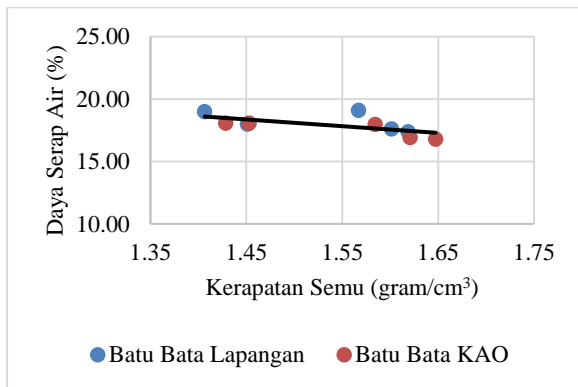
Batu bata yang telah dilakukan pengujian kemudian di hubungkan antar sifat mekaniknya untuk mengetahui korelasi dan penguran antar sifat mekanik. berikut adalah hubungan sifat mekanik batu bata campuran abu cangkang sawit disajikan dalam **Gambar 3**, **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 3. Hubungan Kuat Tekan dengan Kerapatan Semu Batu Bata

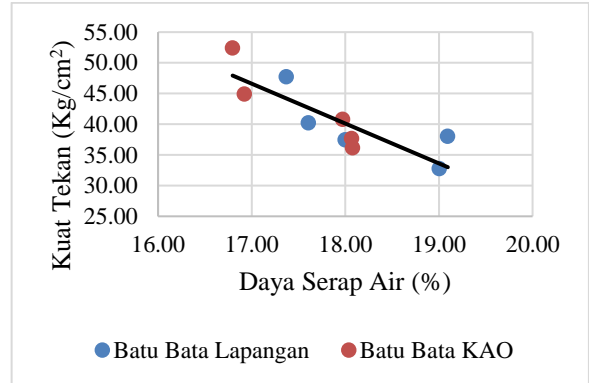
Pada data diatas diketahui titik kerapatan semu tertinggi yaitu 1,65 gram/cm³ memiliki kuat tekan sebesar 52,43 kg/cm² sedangkan nilai terendah saat kerapatan semu 1,4 gram/cm³ yaitu 32,79 kg/cm². Grafik tersebut menunjukkan adanya hubungan positif yang linear antara kerapatan semu dan kuat tekan batu bata, baik untuk batu bata yang diuji dengan metode lapangan maupun kadar air optimum (KAO).

Secara jelas, garis tren yang menanjak dari kiri ke kanan mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai kerapatan semu (semakin padat) sebuah batu bata, maka semakin tinggi pula nilai kuat tekannya (semakin kuat). Hal ini terjadi karena kerapatan yang lebih tinggi menandakan bahwa partikel-partikel penyusun batu bata menjadi lebih rapat dan padat, sehingga mengurangi jumlah pori atau rongga di dalamnya. Struktur yang lebih padat ini memberikan daya tahan yang lebih besar terhadap beban tekan sebelum mengalami keretakan atau kehancuran.



Gambar 4. Hubungan Daya Serap Air dengan Kerapatan Semu Batu Bata

Berdasarkan grafik di atas, terdapat hubungan yang berbanding terbalik atau negatif antara kerapatan semu dengan daya serap air pada batu bata, baik yang diuji dengan metode lapangan maupun yang menggunakan kadar air optimum (KAO). Pada titik kerapatan semu tertinggi yaitu 1,65 gram/cm³ memiliki daya serap yang cenderung rendah yaitu 16,80%, sedangkan saat kerapatan semu di titik terendah yaitu 1,41 gram/cm³ memiliki daya serap air yang tinggi yaitu 19,01. Garis tren yang menurun dari kiri ke kanan secara jelas menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kerapatan semu suatu batu bata, maka akan semakin rendah persentase daya serap airnya. Hal ini disebabkan karena batu bata dengan kerapatan yang lebih tinggi memiliki struktur internal yang lebih padat dengan jumlah pori atau rongga yang lebih sedikit. Akibatnya, ruang bagi air untuk meresap dan mengisi rongga-rongga tersebut menjadi lebih kecil, sehingga kemampuannya dalam menyerap air pun menurun.

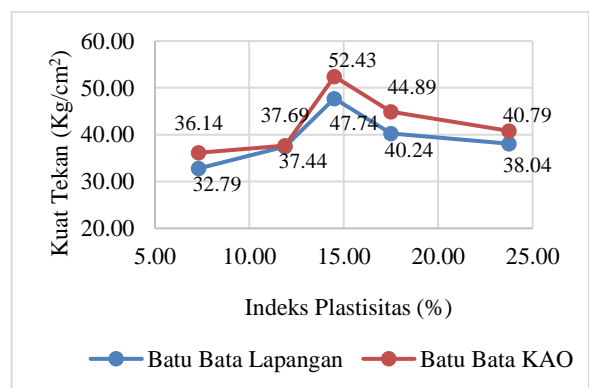


Gambar 5. Hubungan Kuat Tekan dengan Daya Serap Air

Grafik tersebut dengan jelas menggambarkan hubungan berbanding terbalik antara daya serap air dan kuat tekan batu bata, baik untuk batu bata lapangan maupun batu bata KAO (Kadar Air Optimum). Garis tren yang menurun menunjukkan bahwa semakin tinggi daya serap air %, maka semakin rendah nilai kuat tekannya (Kg/cm²). Sebaliknya, batu bata dengan daya serap air yang rendah memiliki struktur yang lebih padat dan solid, yang secara langsung berkontribusi pada kekuatan tekannya yang lebih tinggi.

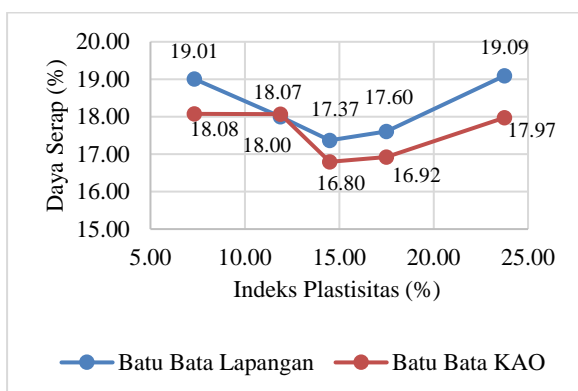
Hubungan Indeks Plastisitas dengan Sifat Mekanik Batu Bata

Indeks Plastisitas (*IP*) tanah lempung sebagai bahan baku pembuatan batu bata sangat menentukan sifat mekaniknya. Secara umum, nilai indeks plastisitas yang tepat akan menghasilkan batu bata berkualitas tinggi, namun nilai yang terlalu rendah atau terlalu tinggi justru dapat menurunkan kualitasnya. Berikut adalah hasil penelitian yang menghubungkan sifat mekanik batu bata dengan indeks plastisitas tanah campuran abu cangkang sawit.



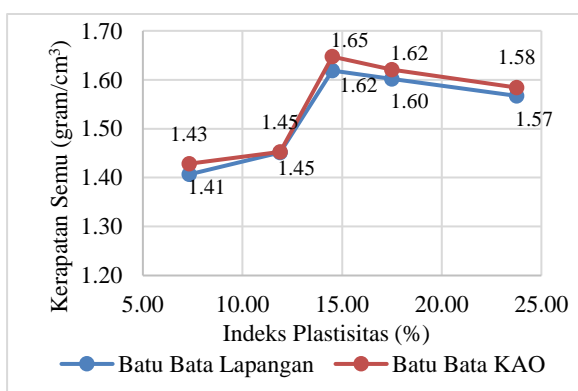
Gambar 6. Hubungan Indeks Plastisitas dan Kuat Tekan Batu Bata

Dari Gambar diatas dapat kita ketahui bahwa saat nilai indeks plastisitas mengalami kenaikan yaitu dari sekitar 7% sampai 15%, kuat tekan juga akan mengalami kenaikan secara signifikan. Titik tertinggi nilai indeks plastisitas yaitu pada 14,50%, ini terletak pada campuran ACS sebesar 6%. Nilai ini memiliki kuat tekan maksimum pada batu bata lapangan dan KAO yaitu masing-masing 47,74 kg/cm² dan 52,43 kg/cm². Akan tetapi setelah indeks plastisitas melewati 14,50%, kuat tekan untuk metode lapangan dan KAO mulai menurun. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas dengan campuran ACS 6% adalah yang paling baik dengan nilai 14,50%.



Gambar 7. Hubungan Indeks Plastisitas dan Daya Serap Air Batu Bata

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa saat indeks plastisitas meningkat dari sekitar 7% sampai 15% daya serap air batu bata akan mengalami penurunan. Titik daya serap air terendah batu bata ada pada saat nilai indeks plastisitas sebesar 14,50% yaitu pada batu bata lapangan sebesar 17,37% dan batu bata KAO sebesar 16,80%. Setelah nilai indeks plastisitas melewati 14,50%, daya serap air kembali meningkat.



Gambar 8. Hubungan Indeks Plastisitas dan Kerapatan Semu Batu Bata

Dari data diatas menunjukkan bahwa kerapatan semu meningkat seiring dengan peningkatan indeks plastisitas hingga mencapai titik puncak, lalu cenderung menurun setelahnya. Titik tertinggi kerapatan semu terjadi saat nilai indeks plastisitas 14,50% yaitu untuk batu bata lapangan adalah 1,62 gram/cm³ dan batu bata KAO adalah 1,65 gram/cm³. Titik tertinggi ini terjadi ketika campuran abu cangkang sawit sebesar 6%, ini semakin memperkuat bahwa campuran yang paling efektif untuk membuat batu bata adalah campuran abu cangkang sawit 6%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada penelitian ini peneliti menyimpulkan bahwa penambahan abu cangkang sawit (ACS) secara efektif meningkatkan kualitas mekanik batu bata, dengan menemukan bahwa campuran optimal adalah sebesar 6%. Variasi campuran ini berhasil karena menghasilkan nilai indeks plastisitas (*IP*) yang ideal yaitu 14,50%, yang terbukti menjadi parameter kunci dalam peningkatan mutu bata. Pada titik optimal ini, batu bata menunjukkan performa terbaik dengan kuat tekan maksimum mencapai 52,43 kg/cm², kerapatan semu tertinggi 1,65 gram/cm³, dan daya serap air terendah 16,80%. penelitian ini juga menunjukkan adanya korelasi kuat antar sifat mekanik, di mana peningkatan kerapatan semu berhubungan positif dengan kuat tekan, sementara daya serap air berhubungan negatif dengan keduanya. Hal ini menegaskan bahwa meskipun penambahan ACS bermanfaat, performa mekanik akan menurun jika indeks plastisitas melewati titik optimalnya.

Saran

Saran untuk penelitian lanjutan dengan memvariasikan suhu pembakaran untuk campuran optimal 6% ACS. Suhu yang berbeda dapat memengaruhi sejauh mana reaksi *pozzolanic* terjadi, yang berpotensi meningkatkan kuat tekan lebih lanjut. Uji kembali formula campuran ACS pada jenis tanah lempung dengan indeks plastisitas awal yang berbeda (misalnya, tanah dengan *IP* rendah atau sedang). Hal ini akan menguji apakah 6% ACS tetap menjadi kadar optimal pada berbagai jenis bahan baku.

REFERENSI

- Azizah R., Abdi F., & Haryanto B. 2023. Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit pada Bata Ringan. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan*

- Teknologi Vol.7 No.2*. Tersedia di <https://ocs.unmul.ac.id/index.php/TS/article/view/13189/0>
- Badan Standardisasi Nasional, 1994. *SNI 03-3637-1994 tentang Cara Uji Berat Isi Tanah*, Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2000. *SNI 15-2094-2000 tentang Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding*, Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. *SNI 1964:2008 tentang Cara Uji Berat Jenis Tanah*, Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. *SNI 1966:2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*, Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. *SNI 1967:2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*, Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. *SNI 3423:2008 tentang Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*, Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2019. *SNI 1965:2019 tentang Metode Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*, Jakarta: BSN.
- Craig, R.F. 1987. *Mekanika Tanah*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Gencel, O., Erdugmus, E., Sutcu, M., & Hulusi Oren, O. 2020. Effects of concrete waste on characteristics of structural fired clay bricks. *Construction and Building Materials*, 255, 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119362>
- Graille, J., Lozano, P., Pioch, D. & Geneste, P., 1985. “*Essais d’alcoolyse d’huiles Vegetales avec des Catalyseurs Naturels Pour la Production de Carburants Diesel*”, *Oleagineux*, 40(5): 271-276.
- Hardiyatmo, H. C. 2018. *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press.
- Herman & Rolly., 2018. Pengaruh Abu Cangkang Sawit terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Batu Bata. *Jurnal Pembangunan Nagari Vol.3 No.1*. Tersedia di <https://doi.org/10.30559/jpn.v3i1.78>.
- Ingles, O.G. and Metcalf, J.B., 1972. *Soil Stabilization Principles and Practice*, Butterworths Pty. Limited, Melbourne.
- Maidiawati, Sanada, Y., Konishi, D., & Tanjung, J. 2011. Seismic Performance of Nonstructural Brick Walls Used in Indonesian R/C Buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 10(1), 10.3130/jaabe.10.203
- Rahmawati, A., & Saputro, I. N. 2015. Penambahan Abu Jerami dan Abu Sekam Padi pada Campuran Batu Bata untuk Meningkatkan Kualitas dan Efisiensi Produksi Batu Bata Industri Tradisional. *Eco Rekayasa*. 11(1), 16–22.
- Zuraida, S. 2012. *Pengaruh Penambahan Karbon Tempurung Kelapan dan Variasi Lama Pembakaran terhadap Karakteristik Fisis dan Mekanis Batu Bata*. Universitas Sebelas Maret.