

## Pengaruh Waktu Pemasangan Kusen Beton Serut Berbasis Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Konstruksi Terhadap Kekuatan Sambungan

Tarkono<sup>1)</sup>, Sugiyanto<sup>2)</sup>, Irza Sukmana<sup>3)</sup>, Rio Cahya Pratama<sup>4)</sup>, Yusuf Habibi<sup>5)</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5)</sup> Mechanical Engineering Department, Lampung University

Jln. Sumantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung, Indonesia

Email: [tarkono.1970@eng.unila.ac.id](mailto:tarkono.1970@eng.unila.ac.id)<sup>1)</sup>, [sugiyanto.1957@eng.unila.ac.id](mailto:sugiyanto.1957@eng.unila.ac.id)<sup>2)</sup>

[sukmana\\_irza@eng.unila.ac.id](mailto:sukmana_irza@eng.unila.ac.id)<sup>3)</sup>, [riocahyapratama123@gmail.com](mailto:riocahyapratama123@gmail.com)<sup>4)</sup>,

[yhabibi993@gmail.com](mailto:yhabibi993@gmail.com)<sup>5)</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v16i1.1324>

(Received: 22 October 2025 / Revised: 14 November 2025 / Accepted: 28 January 2026)

### Abstrak

Kusen merupakan bagian terpenting dari bangunan rumah, di Indonesia kusen kayu masih banyak digunakan. Dengan semakin berkurangnya persediaan kayu bermutu maka perlu dicari alternatif penggantinya. Kusen beton dapat menjadi alternatif pengganti kusen kayu. Untuk memperkuat ikatan pada konstruksi perlu ditambahkan serat pada bagian sambungannya. Serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang persediaannya sangat melimpah dijadikan bahan yang berfungsi sebagai pengikat. Penggunaan TKKS dapat mengurangi permasalahan pencemaran pada pabrik kelapa sawit. Dengan adanya serat TKKS pada bagian sambungan antara kusen yang sudah kering pada saat pemasangan dinding yang masih basah akan menjadi pengikat pada sambungan. Sehingga dengan tambahan TKKS, maka ikatan antara sambungan kusen dengan dinding dapat mencapai 3,9 MPa. Terlepas dari jenis serat yang digunakan maka penambahan serat menjadi sangat penting pada proses pembuatan kusen beton. Dengan demikian peran TKKS pada kusen beton sangat penting karena dapat meningkatkan ikatan sambungan dan dapat mengurangi permasalahan pencemaran pada tempat pengolahan kelapa sawit.

Kata kunci: *Kusen Beton, Serut, TKKS*

### Abstract

Frames are the most important part of a house building, in Indonesia wooden frames are still widely used. With the decreasing supply of quality wood, it is necessary to look for alternative replacements. Concrete frames can be an alternative to wooden frames. To strengthen the bond in the construction, fibre needs to be added to the joints. Oil palm empty fruit bunch fibre (OPEFB), which is in very abundant supply, is used as a material that functions as a binder. The use of OPEFB can reduce pollution problems in palm oil mills. With the presence of OPEFB fibre in the joints between the frames which are already dry when installing the walls which are still wet, it will act as a binder in the joints. So with the addition of OPEFB, the bond between the frame joint and the wall can reach 3.9 MPa. Regardless of the type of fibre used, the addition of fibre is very important in the process of making concrete frames. Thus, the role of TKKS in concrete frames is very important because it can improve joint bonding and can reduce contamination problems at palm oil processing sites.

Keywords: Concrete frame, scrap, OPEFB

## 1. Latar Belakang

Kusen merupakan komponen struktural yang selalu ada dalam konstruksi bangunan, berfungsi sebagai rangka untuk tempat pintu atau jendela. Kusen jendela atau pintu di Indonesia awalnya menggunakan kayu dan sampai saat ini kusen kayu masih menjadi pilihan utama karena nilai estetika, kemudahan pengerjaan, serta ketersediaannya yang secara historis melimpah (Pramesti, Lestari and Risana, 2024). Akan tetapi, seiring meningkatnya kebutuhan bahan bangunan efek dari pertumbuhan sektor properti yang penggunaan kayu dalam jumlah besar turut memberikan dampak terhadap keberlanjutan hutan alam Indonesia. Degradasi hutan menjadi isu lingkungan yang semakin serius akibat eksploitasi kayu untuk keperluan konstruksi. Kusen beton mulai dikenal pada abad ke 20 seiring dengan berkembangnya teknologi beton bertulang dan beton pracetak. Awalnya, elemen beton hanya digunakan untuk struktur utama, namun seiring waktu penggunaannya meluas ke elemen non-struktural seperti kusen (Wikana and Telaumbanua, 2025). Di Indonesia, kusen beton mulai digunakan secara luas pada era 1970 hingga 1980, terutama dalam proyek perumahan sederhana dan bangunan pemerintah sebagai alternatif dari kusen kayu yang semakin mahal dan langka (Setyowati M, 2019).

Penggunaan kusen beton dengan kemajuan teknologi dan desain sangat luas karena kusen beton tidak bisa dimakan rayap dan sangat tahan terhadap jamur dan pelapukan. Beton adalah material yang sangat kuat dan tahan lama, bahkan bisa bertahan puluhan tahun tanpa mengalami kerusakan besar. Akibat perubahan suhu atau kelembaban kusen beton tidak mengembang atau menyusut seperti kayu. Kusen beton tidak memerlukan perawatan khusus seperti pengamplasan, pelitur, atau penggantian rutin. Bahan-bahan kusen beton seperti semen, pasir dan kerikil mudah diperoleh. Pembuatan bisa dilakukan secara personal dengan cetakan, tanpa harus memerlukan pabrik besar. Beton dianggap lebih ramah lingkungan dalam konteks ini karena mengurangi kebutuhan penebangan pohon untuk bahan kusen. Apalagi jika dibuat dari campuran beton daur ulang. Sekarang kusen beton bisa didesain menyerupai tekstur kayu atau diberi warna sesuai keinginan. Pengerjaan akhir bisa lebih mudah dan estetik dibanding kusen beton di masa lalu. Jika kusen beton diproduksi secara massal maka harganya relative lebih murah sehingga kusen beton sangat cocok digunakan untuk perumahan bersubsidi, bangunan pemerintah atau sekolah serta cocok untuk proyek cepat dan efisien.

Kusen beton serut selama ini diproduksi secara manual tanpa menggunakan tambahan penguat seperti serat. Seandainya produksi kusen beton serut dibuat dengan tambahan serat, maka serat yang digunakanpun masih terbatas pada serat buatan seperti serat gelas. Kusen beton serut atau beton ringan yang diperkuat dengan serat, menawarkan solusi inovatif untuk menggantikan peran kayu dalam elemen non struktural bangunan, seperti kusen. Dengan memanfaatkan serat dari alam berupa limbah pabrik kelapa sawit berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diharapkan menjadi material baru yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memiliki kekuatan, daya tahan, dan estetika yang layak sebagai pengganti kayu. Penggunaan serat alami sebagai penguat beton telah terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik dan menambah ketahanan terhadap retak mikro pada material.

Penggunaan serat alami dalam beton tidak hanya meningkatkan sifat tarik tetapi juga berdampak positif terhadap lingkungan. Ada banyak jenis serat alami yang tersedia di pasaran. Tinjauan mutakhir ini merepresentasikan potensi serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai penguat (Rao and Ramakrishna,

2022). Tanpa disadari bahwa di negara Indonesia mempunyai sumber serat yang melimpah yaitu serat dari kelapa sawit. Luas areal perkebunan kelapa sawit dan jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan, dari tahun 2018 areal perkebunan seluas 14,33 juta hektar dengan produksi 42,88 juta ton, tahun 2019 areal perkebunan seluas 14,46 juta hektar dengan produksi 47,12 juta ton, tahun 2020 areal perkebunan seluas 14,59 juta hektar dengan produksi 45,74 juta ton, tahun 2021 areal perkebunan seluas 14,62 juta hektar dengan produksi 45,12 juta ton dan pada tahun 2022 areal perkebunan seluas 15,34 juta hektar dengan produksi 46,83 juta ton (BPS, 2023).

Setiap produksi kelapa sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) 23%, cangkang 8%, serat buah kelapa sawit 12% dan limbah cair 66% (Andriyati, & Husin, 2007). Adapun serat yang paling mudah didapat dari tumbuhan kelapa sawit adalah serat buah kelapa sawit. Serat tersebut dihasilkan langsung dari proses penggilingan kelapa sawit di pabrik kelapa sawit. Akan tetapi serat buah kelapa sawit sebagian besar digunakan sebagai umpan boiler. Sementara potensi TKKS sebagai sumber serat memiliki persentasenya sebesar 23% dari produksi kelapa sawit. TKKS selama ini juga belum dimanfaatkan secara optimal, baru sebagai pupuk organik, sebagai media tanam jamur dan sebagai pakan ternak (Tarkono and Hadi, 2017). Penelitian TKKS sebagai material teknik telah dilakukan untuk penguat komposit dan penguat papan semen. Serat kelapa sawit sebagai substitusi material pasir dengan limbah sawit dapat mempengaruhi berat volume, penyerapan dan kuat tekan bata ringan (Lizar, A, Pribadi, R and M, 2020). Penambahan serat TKKS pada pembuatan bata ringan dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik produk bata ringan dan secara tidak langsung akan mengurangi pencemaran terhadap lingkungan dan akan meningkatkan nilai tambah dari produk yang dihasilkan (Nuzuli F. & M Haris, 2017). Serat TKKS dapat meningkatkan kekuatan genteng beton dan menurunkan beratnya (Tarkono & Nandang, 2018).

Industri kelapa sawit di Indonesia merupakan salah satu sektor agribisnis utama yang menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah besar. Sampai saat ini, TKKS sering dianggap sebagai limbah yang kurang bernilai dan hanya digunakan secara terbatas untuk pupuk kompos dan sebagian kecil dimanfaatkan bahan bakar biomassa. Inovasi terkini menunjukkan bahwa serat dari TKKS memiliki potensi sebagai bahan tambahan dalam campuran beton, khususnya untuk pembuatan elemen struktural non struktural seperti kusen jendela dan pintu (Opirina, Sari and Hanif, 2017).

Kusen beton serut merupakan salah satu komponen bangunan yang membutuhkan kekuatan, ketahanan terhadap cuaca, serta efisiensi biaya. Dengan memanfaatkan serat TKKS, diharapkan produk kusen beton serut yang dihasilkan memiliki kinerja yang bisa diterima baik dari segi harga yang kompetitif dan sifat mekanik yang memenuhi syarat kekuatan konstruksi serta kontribusi terhadap pengurangan limbah. Beberapa permasalahan kusen beton selama ini adalah pada saat pemasangan pada konstruksi yang mana beton yang sudah kering akan disambung dengan beton basah, sehingga bisa menyebabkan sambungan yang kurang sempurna. Penelitian mengenai kusen beton serut berserat TKKS menjadi penting untuk mengkaji sejauh mana limbah biomassa dalam hal ini serat TKKS dapat memperbaiki sifat beton pada umumnya dan sambungan pada khususnya dan dapat diterima dalam industri konstruksi. Ikatan mekanis dan fisik antara organik TKKS dengan matriks beton penting agar beban dapat diteruskan dan retak dapat

dikendalikan (Vantri and Asfarizal, 2025). Khusus pada bagian sambungan antara kusen dengan dinding beton memerlukan kriteria tersendiri agar kekuatannya bisa mendekati kekuatan konstruksi dinding.

Pengembangan kusen beton serut berbasis serat TKKS yang dapat menjadi solusi strategis dalam menjawab dua tantangan sekaligus, yaitu pengurangan penggunaan kayu dalam industri konstruksi dan pemanfaatan limbah agroindustri kelapa sawit. Dengan pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan yang kini menjadi focus secara global maupun nasional. Penggunaan serat alami berupa serat TKKS dalam kusen beton berserut bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis dan durabilitas beton, sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan konvensional seperti serat sintesis atau baja. Selain itu, pendekatan ini juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah industri secara lebih efisien dan ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan waktu optimum sambungan beton lama dengan beton baru supaya diperoleh sambungan yang memiliki kekuatan terbaik.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1 Desain spesimen**

Untuk mengetahui karakteristik dari kusen beton serut maka dilakukan dengan pengujian tekan dengan menggunakan standar uji tekan SNI 03-2493-1991. Dan untuk mengetahui daya rekat antarmuka kusen beton serut berserat TKKS dengan pengujian geser.

Semen yang digunakan adalah semen PCC Tiga Roda dibuat untuk konstruksi umum seperti rumah, bangunan tinggi, jembatan, jalan beton, beton precast dan beton pre-stress. Semen ini memiliki kekuatan yang setara dengan Portland Cement Tipe I, tetapi memiliki penurunan panas yang lebih rendah, sehingga lebih mudah dikerjakan dan menghasilkan permukaan beton yang lebih halus dan rapat. Semen ini memenuhi standar SNI 15-7064-2014 dan standar internasional ASTM C595-13. Agregat yang digunakan adalah agregat kasar, dengan campuran pasir sungai ditambah dengan batu pecah dengan ukuran partikel berkisar 10 mm hingga 20 mm.

Menurut mutu beton yang biasa digunakan pada spesimen beton lama dirancang memiliki memenuhi standar K300, K275 dan K250. Sedangkan beton baru menggunakan standar agregat yang umumnya digunakan untuk pemasangan tembok dinding. Alasannya adalah dalam aplikasinya bahwa beton pracetak akan dipasang atau disambungkan dengan tembok dinding.

### **2.2 Pembuatan spesimen uji**

#### **2.2.1 Pembuatan spesimen uji tekan**

Pembuatan spesimen uji tekan menggunakan campuran semen, pasir, batu split dan air yang disesuaikan dengan kebutuhan. Spesimen uji dirancang untuk tiga kondisi kualitas beton.

1. Pembuatan spesimen tipe ke 1(satu) yang menggunakan campuran dengan komposisi semen : pasir : batu split dengan perbandingan 1 : 2,6 : 2,5 yang mengacu pada standar kualitas beton K300. Komposisi tersebut ditambahkan serat TKKS sebanyak 0,6%.
2. Pembuatan spesimen tipe ke 2(dua) yang menggunakan campuran dengan komposisi semen : pasir : batu split dengan perbandingan 1 : 1,8 : 2,7 yang

- mengacu pada standar kualitas beton K275. Komposisi tersebut ditambahkan serat TKKS sebanyak 0,6%.
3. Pembuatan spesimen tipe ke 3(tiga) yang menggunakan campuran dengan komposisi semen : pasir : batu split dengan perbandingan 1 : 2,0 : 2,9 yang mengacu pada standar kualitas beton K250. Komposisi tersebut ditambahkan serat TKKS sebanyak 0,6%.
  4. Pembuatan spesimen tipe 4 (empat) yaitu agregat tanpa tambahan serat TKKS sebagai kontrol.



Gambar 1 Pencetakan spesimen uji tekan

### 2.2.2 Pembuatan spesimen uji geser

Untuk mengetahui karakteristik dari kusen beton serut maka dilakukan dengan pengujian tekan dengan menggunakan standar uji tekan SNI 03-2493-1991. Dan untuk mengetahui daya rekat antara kusen beton serut berserat TKKS dengan pengujian geser menggunakan standar uji ASTM D4541. Pengujian tekan menggunakan specimen silinder dengan ukuran diameter 100 mm dan panjangnya 200 mm. Sedangkan pengujian geser menggunakan spesimen kubus dengan ukuran secara keseluruhan 380 mm x 150 mm x 300 mm.

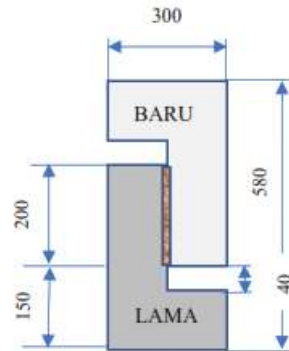


Gambar 2 Permukaan beton lama yang akan disambung

Beton lama kualitas K300 dibuat dengan komposisi semen : pasir : batu split dengan perbandingan 1 : 2,6 : 2,5 yang memiliki kekuatan tekan ( $f_c$ ) sebesar 24,9 MPa. Beton lama kualitas K275 dibuat dengan komposisi semen : pasir : batu split dengan perbandingan 1 : 1,8 : 2,7 yang memiliki kekuatan tekan ( $f_c$ ) sebesar 22,83 MPa. Beton lama kualitas K250 dibuat dengan komposisi semen : pasir : batu split dengan perbandingan 1 : 2,0 : 2,9 yang memiliki kekuatan tekan ( $f_c$ ) sebesar 20,75 MPa. Metode pembuatan specimen uji geser dapat diawali dengan pembuatan beton lama sesuai dengan kualitasnya, beton lama dicetak dengan ukuran panjang 380 x lebar 150 x 300. Saat pembuatan beton lama pada permukaan bagian dalam ditambahkan serat TKKS. Setelah berumur 7 hari beton lama disambungkan dengan

beton baru dengan komposisi semen : pasir sesuai dengan agregat yang digunakan untuk pemasangan tembok dinding yaitu 1 : 4. Ukuran spesimen setelah disambung dengan beton baru menjadi 300 x 150 x 580. Dengan demikian sambungan antarmuka luasannya 200 mm x 150 mm.

Setelah sambungan berumur 28 hari maka dilakukan pengujian geser langsung. Spesimen uji geser diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3 Pencetakan spesimen uji geser

Momen inersia luas adalah ukuran ketahanan penampang terhadap lentur (pembengkokan). Dalam konteks gambar di atas yang merupakan spesimen uji geser secara umum momen inersianya harus dihitung perbagian, artinya beton lama dengan beton baru momen inersianya harus dihitung masing masing setelah itu di cari momen inersia gabungan antara beton lama dengan beton baru.

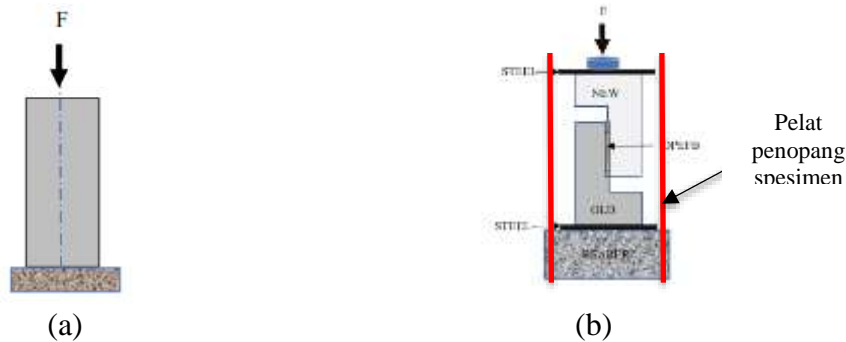
Spesimen uji geser akan diuji berdasarkan kelompok umur sambungan beton lama dengan beton baru.

1. Kelompok umur pertama pada saat beton lama berumur 7 hari dilanjutkan dengan penyambungan atau pencetakan beton baru yang ditempelkan pada permukaan yang telah diselipkan serat TKKS.
2. Kelompok umur kedua pada saat beton lama berumur 14 hari dilanjutkan dengan penyambungan atau pencetakan beton baru yang ditempelkan pada permukaan yang telah diselipkan serat TKKS.
3. Kelompok umur kedua pada saat beton lama berumur 28 hari dilanjutkan dengan penyambungan atau pencetakan beton baru yang ditempelkan pada permukaan yang telah diselipkan serat TKKS.

### 2.3 Pengujian Spesimen

Untuk mengetahui karakteristik dari kusen beton serut maka perlu dilakukan suatu pengujian di laboratorium. Pengujian yang dianggap perlu adalah pengujian tekan dan pengujian geser. Pengujian kuat tekan beton adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur daya tahan beton terhadap beban tekan hingga hancur, bertujuan untuk memastikan mutu beton sesuai standar. Pengujian tekan menggunakan sampel beton berbentuk silinder yang diberi beban tekan menggunakan hingga mencapai titik kehancuran dan satuannya dalam satuan MPa. Spesimen uji tekan mengacu pada standar uji tekan SNI 03-2493-1991, pengujian tekan menggunakan spesimen silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan panjangnya 20 cm.

Dan untuk mengetahui daya rekat antarmuka beton lama dengan beton baru dilakukan pengujian geser. Pengujian geser beton merupakan metode untuk menentukan kekuatan material terhadap gaya geser yang bekerja pada dua permukaan yang saling bergeser. Uji geser bisa dilakukan dengan menerapkan gaya geser langsung pada benda uji sampel beton khusus. Sementara spesimen uji geser menggunakan beton dengan ukuran 300 x 150 x 580. Spesimen uji geser memiliki daerah uji seluas 200 mm x 150 mm. Kedua pengujian tersebut ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 (a) Ilustrasi pengujian tekan dan (b) Ilustrasi pengujian geser

Jika spesimen diberi pembebanan dari atas maka akan terjadi ketidakseimbangan antara beton lama dengan beton baru yaitu akan terjadi lenturan pada beton baru ke arah kanan dan beton lama ke arah sebaliknya, sehingga tujuan mencari gaya geser tidak tercapai. Meskipun titik berat antar beton lama dengan beton baru tidak segaris maka dapat diusahakan agar supaya spesimen tersebut dapat diuji dan menghasilkan data yang bisa dipertanggungjawabkan. Untuk itu metode pengujian gesernya pada sisi kiri dan kanan spesimen ditambahkan penopang supaya posisinya tetap tegak tanpa ada lenturan. Tujuan dari pemberian penopang adalah untuk mencegah terjadinya lenturan pada bagian beton baru dengan beton lama, sehingga pada daerah uji atau sambungan yang diperkuat dengan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) seperti pada gambar yang diberi warna coklat tetap posisinya sumbu Y tidak berubah. Dengan adanya topangan sekitar benda uji maka pengujian geser dapat menghasilkan data sebagaimana yang diharapkan. Penopang diusahakan tidak menimbulkan gesekan dengan permukaan specimen. Meskipun sentuhan permukaan specimen dan penopang tidak bisa dihindari dengan bantuan pemberian pelumas pada permukaan penopang dan permukaan specimen yang berhadapan langsung dengan penopang maka gesekan yang menyebabkan hambatan sangat kecil. Sehingga hambatan akibat gesekan dapat diabaikan.

Kuat geser antarmuka dihitung dengan membagi beban keruntuhan ultimit dengan daerah ikatan (area antarmuka), seperti ditunjukkan pada persamaan (1).

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (1)$$

di mana:

$\tau$  = tegangan geser

P = beban

A = luas penampang geser

## 2.4 Analisis data

Data yang diperoleh dari pengujian tekan dan pengujian geser akan dicari korelasinya terhadap umur beton. Apakah ada interaksi antara mutu beton dan umur sambungan beton lama dengan beton baru (pengaruh umur yang berbeda untuk setiap mutu beton). Struktur datanya ada dua arah, faktor mutu terdiri 3 level (K300, K275 dan K250), dan faktor umur terdiri dari 3 level (7 hari, 14 hari dan 28 hari) dan responnya berupa kekuatan geser (Mpa) dan kekuatan tekan (MPa). Dengan Analisa ini akan diperoleh kondisi paling optimum yang merupakan tujuan dari penelitian ini.

## 2.5 Pembuatan kusen beton serut

Kusen beton serut berserat TKKS dibuat dengan cara hand lay up menggunakan beberapa bahan utama beton berupa semen dan pasir. Untuk meningkatkan kekuatan sambungan antara kusen dengan dinding ditambahkan serat TKKS. Serat telah dipasang pada kusen permukaan kusen bagian dalam yang menjadi tempat sambungan antara kusen dengan dinding. Perbedaan kusen beton cor dengan kusen beton serut adalah pada proses pembuatannya. Kusen beton cor dibuat secara langsung menggunakan cetakan yang terbuat dari logam seperti cetakan yang digunakan pada proses pengecoran logam. Proses pencetakan kusen beton dengan cara memasukkan agregat langsung ke dalam cetakan yang merupakan sistem cetakan positif. Sementara proses pembuatan kusen beton serut dilakukan dengan sistem cetakan negatif.

Proses pembuatan kusen beton serut berbasis TKKS diawali dengan pembuatan balok yang dijadikan sebagai tulangan atau mal yang berfungsi sebagai landasan untuk membuat kusen beton serut. Mal terbuat dari pasir yang agak basah tanpa menggunakan perekat semen. Mal tersebut hanya dipakai untuk membuat satu kali penyerutan, jika akan digunakan lagi maka mal tersebut harus dibuat kembali. Di atas tulangan pasir ditaburkan serat TKKS disusul dengan agregat semen : pasir dengan perbandingan 3 : 7 yang ditambahkan air secukupnya agar mudah diserut. Kemudian ditambah lagi dengan agregat seperti langkah sebelumnya sampai terbentuk kusen yang masih agak kasar permukaannya. Untuk memperkuat kusen dari kelenturan maka ditambahkan besi cor dengan ukuran 10 sebanyak 3 batang yang diletakkan pada bagian atas. Selanjutnya ditambahkan agregat lagi sampai ketebalan kira-kira 2,5 - 3 cm. Tahap terakhir menggunakan agregat semen : pasir dengan perbandingan 2 : 1 dan dibuat lebih encer dibandingkan dengan agregat sebelumnya.

Tabel 1 Perbandingan kusen beton cor dengan kusen beton serut

Aspek	Kusen beton cor	Kusen beton serut
Proses pembuatan	Langsung dicetak dan digunakan setelah curing	Setelah dicetak dilanjutkan serut untuk menghasilkan permukaan halus dan presisi
Permukaan	Kasar, hasil cetakan mengikuti tekstur cetakan	Halus, lebih rapi seperti hasil pabrik
Presisi ukuran	Kurang presisi, bisa melengkung atau tidak rata	Lebih presisi, terutama pada bagian siku dan sambungan
Tampilan/estetika	Kurang menarik secara visual	Lebih estetik, bisa langsung dicat atau diaci tipis
Kekuatan struktur	Baik, selama cetakan dan campuran sesuai	Sama, namun lebih rapi karena permukaan seragam

Biaya produksi	Lebih murah (tanpa proses finishing tambahan)	Lebih mahal (ada biaya tambahan untuk serut dan finishing)
Waktu pengerjaan	Lebih mahal (ada biaya tambahan untuk serut dan finishing)	Lebih lama karena ada proses serut
Kesesuaian proyek perumahan besar	Kurang cocok karena sulit standarisasi bentuk	Cocok karena bentuk bisa distandarisasi dan diproduksi massal
Kesesuaian untuk proyek perumahan sederhana	Cukup baik dan ekonomis	Bisa digunakan jika mengutamakan kerapihan
Kesesuaian untuk finishing akhir (misalnya kusen ekspos)	Perlu ditutup dengan plester atau acian	Bisa dibiarkan terbuka karena sudah rapi (ekspos)

Pembuatan kusen beton dapat dilakukan dengan dua metoda, pertama menggunakan metode cetak langsung menggunakan cetakan sebagaimana pada proses pengecoran logam. Yang kedua adalah dengan metode penyerutan yang merupakan teknologi baru dalam pembuatan beton pra cetak. Kedua kusen beton pracetak tersebut memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan masing-masing. Berdasarkan pengamatan di lapangan dan analisisnya ada beberapa perbedaan kusen beton cetak langsung atau kusen beton cor dengan kusen beton serut. Perbandingan keduanya diulas pada Tabel 1.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Kusen beton serut dan kusen beton cor

Pada gambar 5 merupakan tampilan balok kusen beton yang diproduksi dengan cara serut dan kusen beton yang diproduksi dengan cara cor. Kusen beton cor dibuat langsung menggunakan cetakan yang diisi dengan agregat, sehingga kusen yang terbentuk seperti aslinya. Sementara kusen beton serut dibuat seperti batangan balok dan belum berbentuk seperti kusen pada umumnya.



(a)



(b)

Gambar 5 (a) Balok kusen beton serut berbasis TKKS, dan (b) Kusen beton cor

Secara lengkap prosens pembuatan kusen beton serut diawali dengan perencanaan. Informasin gambar harus mencangkup ukuran kusen (tinggi, lebar, ketebalan) sesuai kebutuhan pintu/jendela. Pembuatan gambar detail profil kusen, termasuk takikan untuk daun pintu/jendela. Menentukan letak angkur, besi tulangan, dan lubang untuk engsel atau aksesoris lainnya. Selanjutnya bersiapan bahan-bahan yang akan digunakan sebagai kusen beton serut. Bahan-bahan tersebut adalah semen, pasir halus (disaring, bebas lumpur), kerikil halus jika diperlukan (optional), air bersih, aditif jika ingin lebih kedap air, tulangan besi dan minyak pelumas agar supaya tidak lengket. Beberapa referensi yang menunjang antara lain

penambahan batu apung dan 3% serabut ijuk menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata 9,69 MPa dan nilai kuat tarik belah rata-rata 1,51 MPa. Nilai kuat tekan dan tarik belah hasil memenuhi mutu rencana, kemudian campuran tersebut diaplikasikan pada pembuatan kusen pintu sesuai gambar desain rencana (Prihantono D, Daryati and Abdul NZ, 2020). Panjang serat berpengaruh terhadap performa mekanik beton berserat TKKS, namun optimalisasi proses produksi diperlukan agar hasil yang diperoleh lebih konsisten (Vantri and Asfarizal, 2025). Namun, peningkatan nilai daya serap air pada beton juga akan menurunkan kuat tekan beton setelah daya serap air tersebut melewati titik optimumnya. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam benda uji maka semakin besar penyerapan airnya sehingga ketahanan dan kuat tekannya akan berkurang (Ardhiansyah, 2018). Penambahan serat dengan perlakuan alkali dengan komposisi tertentu, mampu meningkatkan nilai kuat tekan dari beton konvensional. Demikian juga penambahan serat dengan perlakuan alkali dapat menambah kuat tarik beton dengan variasi serat lainnya (Fandy, Anita and Handoko, 2013).

### 3.2 Kekuatan tekan dan kekuatan geser antarmuka

Uji kuat tekan beton adalah upaya mendapatkan nilai estimasi kuat tekan beton pada struktur eksisting, dengan cara melakukan tekanan pada sampel beton dari struktur yang sudah dilaksanakan. Sampel yang akan diuji, berbentuk silinder, sampel beton akan diberikan tekanan sampai hancur. Dengan gaya tekan yang terukur saat beton hancur dibagi luas penampang sampel akan diketahui kuat tekan sampel beton tersebut. Gambar 6 menunjukkan pengujian beton yang diperkuat dengan serat TKKS. Data pengujian yang diperoleh ternyata mutu beton K-225 tidak memenuhi standart kuat tekan beton dan dapat disimpulkan bahwa campuran tandan kelapa sawit tidak memenuhi dari klasifikasi mutu beton K rencana karena kuat tekannya berkurang secara signifikan, berbanding lurus dengan penambahan bahan campuran.



Gambar 6 (a) Spesimen uji tekan dan (b) Pengujian tekan

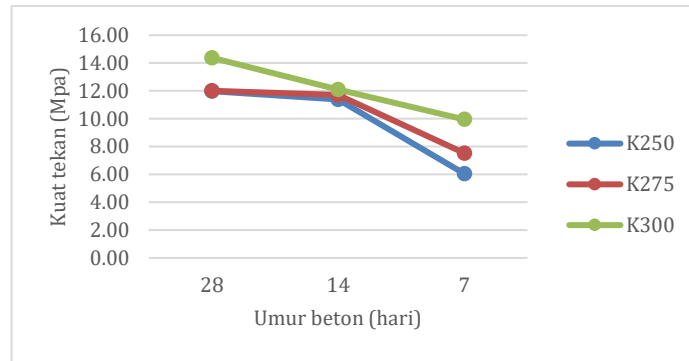
Hasil uji kuat tekan adalah proses untuk menentukan tingkat kemampuan beton menahan beban tekan beton secara maksimal. Dalam pengujian tekan beton, sampel beton berbentuk silinder ditempatkan di bawah tekanan dari alat uji tekan beton untuk menentukan beban maksimum yang dapat ditanggung sebelum beton mengalami kerusakan. Besarnya gaya tekan yang dibutuhkan untuk menghancurkan beton inilah yang kemudian disebut kuat tekan beton. Dalam

pengujian tekan beton dilakukan sampai pada tekanan maksimum sehingga pada tekanan yang diperoleh beton dibagi dengan luas penampang mencerminkan kekuatan tekan dari beton tersebut. Hasil pengujian tekan ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian tekan beton

Kualitas	Umur	Luas Bidang Tekan	Beban		Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
			kg	N		
K300	7	7850,00	9362,39	91845,00	11,70	11,98
		7850,00	9506,42	93258,00	11,88	
		7850,00	10394,65	101971,50	12,99	
	14	7850,00	8626,20	84623,00	10,78	12,01
		7850,00	9986,54	97968,00	12,48	
		7850,00	10218,60	100244,50	12,77	
	28	7850,00	10690,72	104876,00	13,36	14,35
		7850,00	13115,34	128661,50	16,39	
		7850,00	10642,71	104405,00	13,30	
K275	7	7850,00	10466,67	102678,00	13,08	11,73
		7850,00	9578,44	93964,50	11,97	
		7850,00	8106,07	79520,50	10,13	
	14	7850,00	8642,20	84780,00	10,80	11,39
		7850,00	9322,38	91452,50	11,65	
		7850,00	9378,39	92002,00	11,72	
	28	7850,00	8626,20	84623,00	10,78	12,01
		7850,00	9986,54	97968,00	12,48	
		7850,00	10218,60	100244,50	12,77	
K250	7	7850,00	4873,24	47806,50	6,09	6,05
		7850,00	4929,26	48356,00	6,16	
		7850,00	4729,20	46393,50	5,91	
	14	7850,00	6161,57	60445,00	7,70	7,53
		7850,00	6473,65	63506,50	8,09	
		7850,00	5449,39	53458,50	6,81	
	28	7850,00	8122,07	79677,50	10,15	9,95
		7850,00	7193,83	70571,50	8,99	
		7850,00	8578,19	84152,00	10,72	

Dari Table 2 terlihat bahwa semakin lama umur beton maka kekuatannya akan semakin meningkat. Akan tetapi kekuatan tekan ini jauh di bawah kekuatan tekan beton tanpa tambahan serat TKKS. Data pengujian yang diperoleh ternyata mutu beton K-225 tidak memenuhi standart kuat tekan beton dan dapat disimpulkan bahwa campuran tandan kelapa sawit tidak memenuhi dari klasifikasi mutu beton K rencana karena kuat tekannya berkurang secara signifikan, berbanding lurus dengan penambahan bahan campuran berupa serat TKKS (Roziandi, Rinaldy and Farizal, 2022). Dari penelitian lain dengan penambahan *fly ash* pada beton menunjukkan penurunan kekuatan geser. Dalam penelitian tersebut menyatakan bahwa beton normal memiliki kuat tekan 26.77 MPa, ditambah *fly ash* sebanyak 10% kuat tekannya menjadi 25,69 MPa, ditambah 20% kuat tekannya menjadi 23.05 MPa. Jadi penggunaan *fly Ash* sangat berpengaruh pada mutu beton, sehingga kualitasnya tidak memenuhi Kualifikasi Mutu Beton K300 (Majid, Sumarna and Konong, 2023).



Gambar 7 Grafik uji tekan beton berserat TKKS

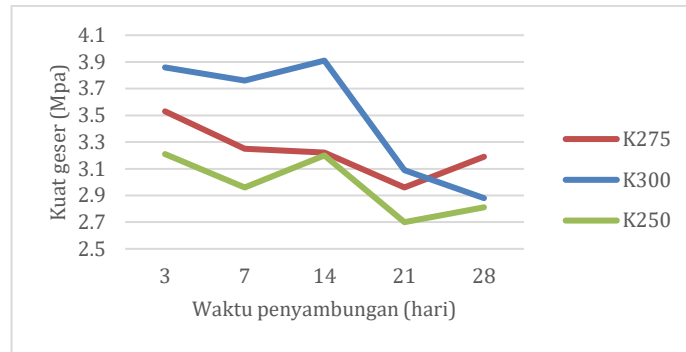
Dari pengujian geser, awalnya yang didapatkan adalah gaya geser saat terjadi *first crack* di sambungan antarmuka beton lama dan beton baru setelah sambungannya berumur 28 hari. Setelah diperoleh gayanya baru bisa dihitung dengan menggunakan persamaan 1, sehingga diperoleh tegangan geser yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian geser

Kualitas	Beton lama	Beton baru	Umur sambungan	Kekuatan geser sambungan
	Semen : pasir : batu	Semen : pasir		
K300	1:1,6:2,5	1:4	3 hari	3,86
			7 hari	3,76
			14 hari	3,91
			21 hari	3,06
			28 hari	2,88
K275	1:1,8:2,7	1:4	3 hari	3,53
			7 hari	3,25
			14 hari	3,22
			21 hari	2,96
K250	1:2,0:2,9	1:4	28 hari	3,19
			3 hari	3,21
			7 hari	2,96
			14 hari	3,19
			21 hari	2,70
			28 hari	2,81

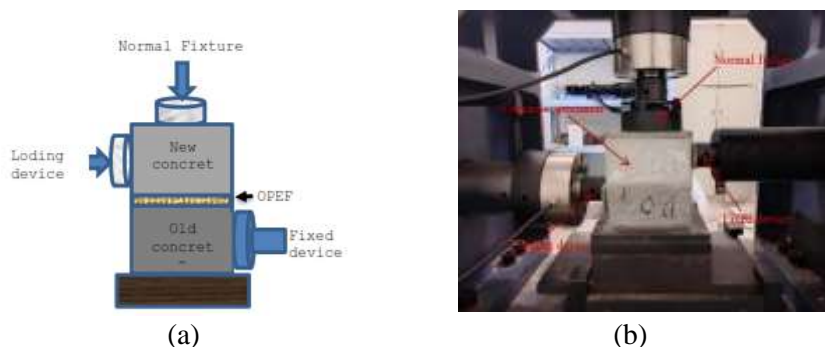
Kekuatan geser antarmuka dari beton lama dengan beton baru yang ditambahkan serat TKKS seperti pada data yang disajikan pada tabel 3 menunjukkan peningkatan kekuatan gesernya. Kekuatan geser antarmuka beton yang tidak ditambah dengan serat hanya sampai 2,5 MPa, sementara jika pada sambungan ditambahkan serat TKKS kekuatan gesernya bertambah bisa sampai 3,9 MPa.

Namun kekuatan geser antarmuka yang diperoleh dari pengujian tersebut ternyata lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan geser antarmuka yang diperkuat dengan serat gelas. Kekuatan geser yang diperkuat dengan serat gelas juga dipengaruhi oleh kekasaran antarmuka yang ditambah dengan serat gelas dapat meningkatkan kinerja mekanis (Chen *et al.*, 2024).



Gambar 8 Grafik kekuatan geser

Permukaan sambungan juga dipengaruhi oleh kekasarannya, antarmuka yang dipahat mencapai kekuatan geser tertinggi, menunjukkan peningkatan kekuatan 10,5% - 18,4% dibandingkan dengan antarmuka yang halus. Seiring bertambahnya kekasaran permukaan dan dengan semakin kerasnya lapisan antarmuka beton lama dan baru maka kekuatan rekatnya semakin meningkat, sehingga memperbaiki struktur beton. Dengan metode simulasi yang digunakan untuk membantu menganalisis distribusi tegangan dan melihat kerusakan atau kegagalan antarmuka didapat kekuatan geser antarmuka dengan pada permukaan yang dipahat menunjukkan kekuatan geser yang paling besar yaitu 4,45 MPa (Shi *et al.*, 2025). Pengujian geser antarmuka beton yang diperkuat dengan serat gelas dilakukan dengan melibatkan gaya normal seperti yang disajikan pada gambar 9.



Gambar 9 (a) Ilustrasi pengujian geser langsung dengan tegangan normal, dan  
(b) Pengujian antarmuka dengan gaya gabungan  
(Sumber : Shi *et al.*, 2025)

Dengan demikian ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan geser antarmuka beton lama dengan beton baru antara lain :

- Kondisi permukaan beton lama, permukaan kasar (*chiseled/roughened*) akan menghasilkan ikatan yang jauh lebih baik dibanding permukaan halus.
- Jenis bahan pengikat, jika sambungan antarmuka diberi *bonding*.
- Jenis penguat mekanis berupa angkur baja atau serat. Jika menggunakan serat buatan akan menambah kekuatan geser jika dibandingkan dengan sambungan yang menggunakan serat alam seperti serat TKKS.
- Ada faktor lain yang mempengaruhi perbedaan nilai geser yaitu variasi kuat tekan pada beton lama dan perbedaan faktor air semen (Aryanto, 2016).

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, kondisi paling optimum diperoleh pada beton mutu K300 umur 14 hari, karena menunjukkan kekuatan geser tertinggi sebesar 3,91 MPa disertai kekuatan tekan yang relatif tinggi sebesar 12,01 MPa, sehingga memberikan keseimbangan terbaik antara kemampuan menahan gaya geser dan beban tekan. Secara umum, mutu K300 unggul pada umur awal hingga menengah (7–14 hari), sedangkan pada umur 28 hari mutu K275 menunjukkan keseimbangan yang lebih stabil antara kuat geser dan kuat tekan. Namun demikian, jika ditinjau dari performa struktural secara keseluruhan, beton mutu K300 tetap menjadi pilihan paling optimum dibandingkan K275 dan K250.

### 4.2 Saran

Dengan melihat karakteristik serat TKKS yang ditambahkan pada sambungan antarmuka maka disarankan untuk memanfaatkan serat TKKS secara maksimal dalam pembuatan beton pracetak. Hal ini sangat menguntungkan karena bahan bakunya sangat melimpah dan dapat mengurangi permasalahan lingkungan.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan sepenuhnya demi terselenggaranya penelitian ini.

### Daftar Kepustakaan

- Andriyati, & Husin, A. (2007) 'Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Papan Serat Semen.', *Jurnal Permukiman*, 2(3).
- Ardhiansyah, M.D. (2018) 'Pengaruh Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Beton (The Influence of Using Coconut Fibers As Fiber Materials to the Compression Stress and Absorbent of Concrete)', *Universitas Islam Indonesia*, pp. 1–114.
- Aryanto, T. (2016) *Uji Kinerja Kuat Geser Interfance Beton Lama (Substrate) dan Beton Baru (Overlay) dengan Variasi Kuat Tekan Substrate*, Universitas Negeri Yogyakarta.
- BPS (2023) 'Statistik Kelapa Sawit Indonesia / Indonesian Oil Palm Statistics 2022.', *Badan Pusat Statistik/BPS - Statistics Indonesia*, 16, p. 10.
- Chen, P. et al. (2024) 'Study on the Shear Performance of the Interface between Post-Cast Epoxy Resin Concrete and Ordinary Concrete', *Buildings*, 14(9). Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings14092852>.
- Fandy, Anita and Handoko (2013) 'Pengaruh Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa Dengan Perlakuan Alkali Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton', *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), pp. 1–8.
- Lizar, ., A, Pribadi, R, . and M, I. (2020) 'Pemanfaatan Limbah Sawit sebagai Material Bata Ringan. Percepatan Inovasi Teknologi Hijau dan Ekonomi Hijau dalam Pembangunan Industri Berkelanjutan.', *Politeknik Negeri Banyuwangi*. [Preprint].

- Majid, A.B., Sumarna, D. and Konong, I. (2023) ‘Uji Eksperimental Kuat Tekan Beton K-300 Dengan Menggunakan Material Kali Oba Dan Substitusi Fly Ash (Abu Terbang Batu Bara)’, *Inter Tech*, 1(2), pp. 27–29. Available at: <https://doi.org/10.54732/i.v1i2.1059>.
- Nuzuli F. & M Haris (2017) ‘Potong Batu Marmer Diperkuat Serat’, 04, pp. 27–38.
- Opirina, L., Sari, P.D. and Hanif, M. (2017) ‘Pembuatan Serat 1’, 11(2), pp. 16–23.
- Pramesti, N.A., Lestari, S.P. and Risana, D. (2024) ‘The Influence Of Product Completeness And Product Quality On Purchasing Decisions At Toko Kusen Beton Semoga Jaya’, *Jurnal Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 1(2), pp. 193–202. Available at: <https://doi.org/10.37676/jemba.v1i2.548>.
- Prihantono D, Daryati and Abdul NZ (2020) ‘Penggunaan beton ringan berserat untuk diaplikasi pada kusen pintu’, *Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 4(2), p. 53,58.
- Rao, R.P. and Ramakrishna, G. (2022) *Bahan Lebih Bersih Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit : Morfologi Permukaan , Perlakuan , dan Kesesuaian Sebagai Penguatan Komposit Semen*.
- Roziandi, Rinaldy and Farizal, T. (2022) ‘Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit ( TKKS ) Sebagai Serat Pada Perencanaan Mutu’, *JITU (Jurnal Ilmiah Teknik Unida)*, 3(2), pp. 149–158.
- Setyowati M (2019) ‘The Development of Reinforced Concrete Used in Indonesia During Colonial Period (1901 -1942)’, *Berkala Arkeologi*, 39(2), pp. 201–220.
- Shi, S. *et al.* (2025) ‘Shear Performance of New-to-Old Concrete Under Different Interface Treatments’, *Coatings*, 15(7), pp. 1–20. Available at: <https://doi.org/10.3390/coatings15070805>.
- Tarkono & Nandang (2018) ‘Pembuatan Genteng Berserat Tandan Kosong Kelapa Sawit’, *Rotor*, 11(2), p. 51. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.19184/rotor.v11i2.9484>.
- Tarkono and Hadi, A. (2017) ‘Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Dalam Rangka Mereduksi Berat Komposit Papan Semen’, *Rotor*, 10(2), p. 36. Available at: <https://doi.org/10.19184/rotor.v10i2.5761>.
- Vantri, V. and Asfarizal, A. (2025) ‘Pengaruh Panjang Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Pembuatan Palmfiber Reinforced Concrete terhadap Uji Lentur dan Struktur Makro’, *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 3(2), pp. 74–87. Available at: <https://doi.org/10.61132/venus.v3i2.801>.
- Wikana, I. and Telaumbanua, F.W. (2025) ‘Tinjauan Eksperimental Kuat Lentur Kusen Beton Dan Kusen Kayu’, *Jurnal Teknik Sipil Ukrim*, 2(1), pp. 113–119. Available at: <https://doi.org/10.61179/jtsukrim.v2i1.723>.