



Sifat Fisis Mortar Dengan Perkuatan Serat Kayu Kelapa Sawit dan *Crystalline Admixture*

Tarmizi¹, Cut Rahmawati¹, Amri Amin²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, 23372, Indonesia.

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, 23372, Indonesia.

*Email korespondensi: midinadcungil12@gmail.com

Diterima Juni 2023; Disetujui Juli 2023; Dipublikasi Juli 2023

Abstract: *The aim of the study was to analyze the physical properties, mechanical properties and effective composition of the fibers in the bio-panel added with PSC and CAs fibers. This research was carried out by making test objects in the laboratory with variations in the addition of fiber 0%, 1%, 2%, 3% with 3 test objects for each variation, the raw materials used were cement, CAs, water and PSC fiber. The tests carried out included testing the physical properties of workability, yield stress, bulk density, and water absorption. The mechanical strength tested was flexural strength and fracture toughness. The results of the workability examination with the addition of 3% fiber can reduce the flow by 22.03%. The results of the yield stress with the addition of 3% KKS fiber can increase the yield stress by 52.91%. From the bulk density results, it showed that the addition of 3% of KKS fiber actually lowered the density. The bulk density values obtained were in the range of 1.2-1.6 g/cm³. And the results of examining the water absorption capacity obtained the lowest water absorption capacity in the test object with the addition of 2% fiber by 4.50%. In the test object with a fiber percentage of 3%, the water absorption capacity reached 5.53%, this was due to the use of too much fiber causing the fibers to agglomerate. The evaluation of physical properties shows that KKS fiber is very potential and feasible as a reinforcement in bio-panel products.*

Keywords: *KKS, Flexural Strength, Biopanel, Fiber*

Abstrak: Tujuan penelitian untuk menganalisis sifat fisis, sifat mekanis dan komposisi efektif serat pada bio-panel yang ditambahkan serat KKS dan CAs. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji dilaboratorium dengan variasi penambahan serat 0%, 1%, 2%, 3% dengan 3 buah benda uji masing-masing variasi, bahan baku yang digunakan semen, CAs, air dan Serat KKS. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sifat fisis berupa workability, tegangan luluh, bulk density, dan daya serap air. Kekuatan mekanis yang diuji berupa kuat lentur dan fracture toughness. Hasil pemeriksaan workability dengan penambahan serat sebesar 3% dapat menurunkan *flow* sebesar 22,03%. Hasil tegangan luluh dengan penambahan 3% serat KKS dapat menaikkan *yield stress* sebesar 52,91%. Dari hasil bulk density menunjukkan penambahan serat KKS sebesar 3% justru menurunkan density. Nilai bulk density yang diperoleh berada dalam kisaran 1.2-1.6 g/cm³. Dan hasil pemeriksaan daya serap air didapat daya serap air terendah ada pada benda uji dengan penambahan 2% serat sebesar 4.50%. Pada benda uji dengan persentase serat 3% terlihat daya serap air mencapai 5.53%, ini disebabkan karena penggunaan serat terlalu banyak menyebabkan serat menggumpal. Dari evaluasi sifat fisis menunjukkan bahwa serat KKS sangat potensial dan layak sebagai penguat dalam produk bio-panel.

Kata kunci : KKS, Kuat Lentur, Biopanel, Serat

Kemajuan sains dan teknologi membuat penelitian di bidang material komposit semakin banyak dikembangkan khususnya salah satu pada bidang konstruksi bangunan. Perkembangan material komposit semakin pesat dikarenakan sifat material tersebut yang dapat direkayasa sehingga menghasilkan material baru yang lebih unggul dari material sebelumnya. Saat ini aplikasi material komposit yang beredar di pasaran salah satunya adalah komposit bio-panel yang digunakan untuk pembuatan plafon bangunan, panel dinding, partisi ruangan dan sebagainya.

Studi pengembangan bio-panel sangat perlu dilakukan. Peningkatan kinerja bio-panel dapat dilakukan dengan proses komposit yaitu menggabungkan serat alam dengan semen yang memiliki sifat *self healing* dalam satu matriks yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dan fisis. *Self healing* adalah kemampuan material untuk memperbaiki diri akibat retak-retak yang muncul pada semen baik akibat suhu dan lainnya (Alvee *et al.* 2022).

Pada penelitian ini membuat peneliti untuk merencanakan material bio-panel dengan menggunakan serat alam yaitu “Serat Kayu Kelapa Sawit” (KKS) dan *Crystalline Admixture* (CAs). Sifat CAs memiliki keunggulan dibandingkan dinding panel lainnya. Sementara itu penggunaan KKS akan memberikan keunggulan karena ketersediaannya yang berlimpah, harga yang lebih murah (limbah), densitas yang rendah, ramah lingkungan, dapat didaur ulang.

Bio-panel ini terdiri dari campuran semen, CAs dan air yang ditambah dengan serat KKS. Penggunaan serat KKS pada bio-panel dapat menghasilkan bio-panel yang ramah lingkungan dan memiliki sifat “*self healing*” yang dapat mengurangi retak-retak sehingga produk yang dihasilkan memperoleh kuat lentur yang tinggi, memiliki keunggulan baik pada kekuatan mekanis dan insulasi thermal serta suara yang baik.

Sebagai bahan bangunan yang akan difungsikan sebagai dinding pada bangunan, produk bio-panel memerlukan kemampuan yang baik pada kekuatannya. Penambahan serat ke dalam semen dapat meningkatkan ketangguhan patah (*fracture toughness*) dengan memblokir retak-retak yang mungkin terjadi (Rahmawati *et al.* 2022). Serat yang dikembangkan sekarang adalah serat sintesis yang kurang ramah lingkungan. Oleh karena itu didalam studi ini dicoba mengembangkan serat alam berupa serat kayu kelapa sawit (KKS). Serat ini memiliki kekuatan mekanis yang baik ketika dikompositkan dengan matrix semen pada bio-panel (Rahmawati *et al.* 2021). Pengaruh penambahan serat terhadap sifat fisis dan kuat lentur dilakukan untuk menguji kemampuan mekanis bio-panel. Pengujian sifat fisis meliputi *workability*, *yield stress*, *bulk density*, slump test dan daya serap air. Sementara itu untuk mengetahui kekuatan mekanisnya dilakukan pengujian kuat lentur dan *Fracture toughness*.

KAJIAN PUSTAKA

Dalam menganalisis sifat fisis dari bio-panel yang ditambahkan serat KKS dan CAs dan juga untuk menganalisis komposisi efektif serat yang dapat meningkatkan durabilitas ketahanan. Maka sebelumnya perlu dilakukan preparasi serat. Preparasi serat dilakukan dengan tujuan untuk membuang lemak, minyak dan pengotor lainnya yang berpengaruh buruk pada saat pencampuran semen menjadi bio-panel. Lemak dan pengotor ini akan hilang dengan penambahan 1 Molaritas NaOH dan diproses pada suhu 90°C selama 1 jam menggunakan magnetik stirrer dengan ratio 1:20 (g/mL). Sampel dicuci hingga pH netral dan dioven pada suhu 60°C selama 4 jam. Serat yang telah bersih akan berperan dalam mencegah perambatan retak semen pada bio panel. Serat KKS mengandung selulosa yang bermanfaat jika dikompositkan dalam bio-panel atau bahan lainnya untuk fungsi sebagai dinding bangunan.



Gambar 1 Alkalisasi Serat KKS

Tabel 1 Rancangan campuran bio-panel

Benda uji	Persentase Serat	Berat Serat (gr)	Semen (gr)	CAs (gr)	Air (gr)
BP – 0	0%	0	500	500	300
BP – 1	1%	10	500	500	300
BP – 2	2%	20	500	500	300
BP – 3	3%	30	500	500	300

Semen

Semen merupakan bahan perekat anorganik yang banyak digunakan dalam bidang bangunan. Banyak sekali tipe-tipe semen dan yang paling banyak digunakan adalah semen tipe I atau disebut dengan portland cement.

Crystalline admixture (CAs)

Crystalline admixture memiliki kemampuan untuk memperbaiki diri (*self healing*) dengan mengembangkan struktur kristalnya sehingga mampu menutupi dan mencegah penyebaran retak. Hal ini menunjukkan CAs berpotensi untuk memperbaiki struktur terutama pada potensi retak. Komposisi utama CAs adalah kalsium 46,91% dan silika 10,33%, seperti pada Tabel 2 komposisi CAs. Kandungan silika sangat potensial sebagai pengikat pada produk berbasis semen (Handayani *et al.* 2022).

Tabel 2 komposisi CAs

Komposisi kimia	CAs (%)
SiO ₂	10.33
Fe ₂ O ₃	1.53
CaO	49.61
Mno	0.58
K ₂ O	0.26
SO ₃	2.71
Cl	-
Ag ₂ O	-
Al ₂ O ₃	3.46
TiO ₂	-
Yb ₂ O	-
Na ₂ O	3.51

Kayu Kelapa Sawit (KKS)

Karakteristik batang Kayu kelapa sawit (KKS) adalah volume rata-rata bagian kulit = 17 %, bagian keras = 56 %, bagian medium = 17% dan bagian lunak = 10 % (Achmad Supriadi, Osly Rachman, 1999).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dipilih yang berasal dari batang dengan pemberian perlakuan. Bagian dari KKS yang baik adalah bagian tengah karena mengandung alpha selulosa yang tinggi dan memiliki sifat fisis serta mekanis yang baik.



Gambar 2 Raw material Serat

Persamaan Pengujian Sifat Fisis

Berikut beberapa persamaan pengujian sifat fisis pada penelitian ini yang meliputi pengujian kemudahan pengerjaan, tegangan luluh, berat volume, dan daya serap air.

Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Untuk menguji kemudahan pengerjaan diukur dari perubahan diameter awal dan akhir dapat menggunakan Persamaan berikut ini :

$$\text{Flow (\%)} = \frac{\text{diameter flow rata-rata}}{\text{diameter awal}} \times 100$$

Tegangan Luluh (*Yield stress*)

Untuk menghitung *yield stress* dari uji slump dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$\tau_0 = \frac{225 \rho g V^2}{128 \pi^2 R^5}$$

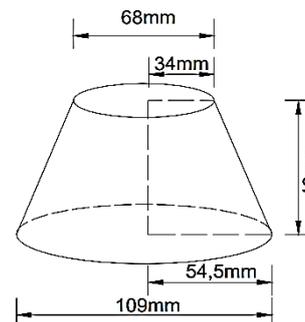
Dimana, τ_0 = yield stress (Pa), ρ = densitas dari benda uji (Kg/m³), g = gravitasi, V =volume sampel (m³), R =Slump terukur (m).

Berat Volume (*Bulk density*)

Untuk Mengetahui berat volume suatu material dapat menggunakan dengan Persamaan berikut ini :

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Dimana, D = berat isi pasta semen (gr/cm³), M_c = berat wadah ukur yang diisi pasta semen (gr), M_m = berat wadah ukur (gr), V_m = volume wadah ukur (cm³).



Gambar 3 Sketsa dari mini cone slump test

Daya serap Air (*Water Absorbtion*)

Pengukuran daya serap merupakan

persentase perbandingan antara selisih berat basah dengan berat kering. Untuk menghitung besarnya penyerapan air oleh beton normal dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$WA = \frac{MJ - MK}{MK} \cdot 100 \%$$

Dengan, M_k : Massa sample kering (g), M_j : Massa Jenuh Air (g), W_a : Daya serap air (%).

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Abulyatama Aceh.

Peralatan penelitian

Pada penelitian ini tentunya membutuhkan alat-alat yang mendukung untuk dapat menyelesaikan penelitian secara menyeluruh. Adapun alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Timbangan digital
2. Cetakan semen untuk kuat lentur
3. Penggaris/jangka sorong
4. Mini Cone
5. Magnetik stirer
6. Oven
7. Labu ukur
8. Sendok semen
9. Gelas ukur
10. Wadah pencampuran (ember)
11. Alat uji lentur

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah rasio semen dan serat sebesar 0%, 1%, 2%, 3%. Pengujian sifat fisis yang dilakukan adalah sebagai berikut :

• Sifat fisis

1. Kemudahan pekerjaan (*workability*)
2. Tegangan Luluh (*yield stress*)
3. Berat volume (*bulk density*)
4. Daya serap air

Sampel tiap variasi dalam penelitian ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 benda uji dengan ukuran 4 x 4 x 16 cm dan pengujian sampel diuji pada umur beton 28 hari.

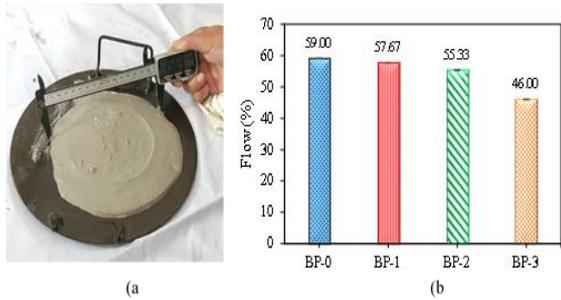
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Sifat Fisis Bio-Panel

Pemeriksaan sifat fisis pada bio-panel mencakup kemudahan pengerjaan (*workability*), tegangan luluh (*yield stress*), berat volume (*bulk density*), dan daya serap air. Dalam penelitian ini persentase serat KKS yang digunakan pada benda uji adalah 0%, 1%, 2% dan 3%.

Pemeriksaan kemudahan pengerjaan

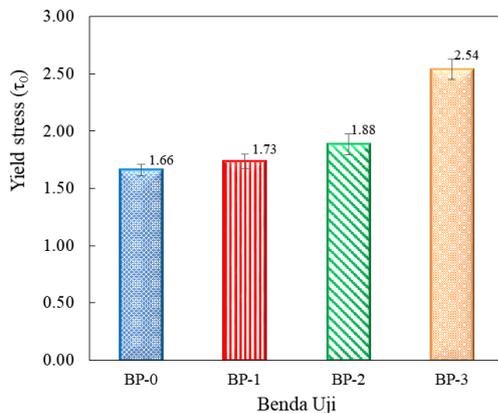
Hasil flow test dari produk bio-panel dengan penambahan 0%, 1%, 2%, 3% serat KKS. Nilai flow untuk produk bio-panel dengan penambahan serat KKS sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3% masing-masing sebesar 59%, 57,67%, 55,33% dan 46%. Penambahan serat KKS sebesar 3% menurunkan *flow* sebesar 22,03%.



Gambar 4 Nilai *flow test* : (a) *Flow test set up*, (b) *flowability test* pada benda uji

Pemeriksaan tegangan luluh

Hasil nilai *yield stress* yang didapat dengan penambahan 0%, 1%, 2%, and 3% serat KKS berturut-turut sebesar 1,66 Pa, 1,73 Pa, 1,88 Pa, dan 2,54 Pa. Tegangan luluh (*yield stress*) τ_0 adalah tegangan yang diperlukan untuk memutus interaksi tersebut dan memisahkan partikel. Penambahan 3% serat KKS menaikkan *yield stress* sebesar 52,91%.

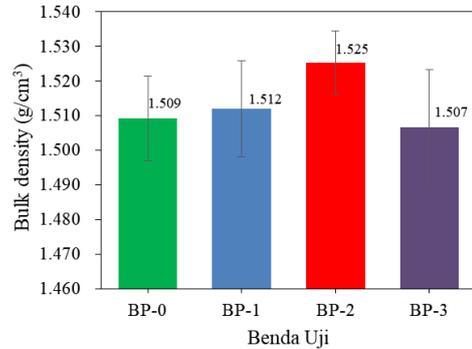


Gambar 5 Nilai *yield stress*

Pemeriksaan *Bulk Density* dan Slump Test

Hasil Nilai *bulk density* yang diperoleh berturut-turut sebesar 1,509 g/cm³, 1,512 g/cm³, 1,525 g/cm³, dan 1,507 g/cm³ untuk masing-masing

benda uji dengan penambahan serat KKS sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3%. Dari Gambar 5 terlihat *bulk density* meningkat dengan peningkatan kandungan serat KKS.



Gambar 6 Nilai *bulk density*

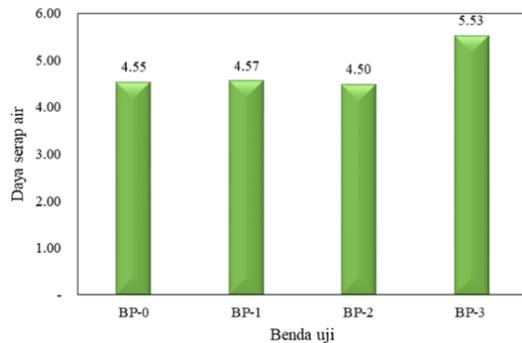
Peningkatan *bulk density* terjadi pada penambahan 1% dan 2% sebesar masing-masing 0,18 dan 1,06%. Penambahan serat hingga 3% tidak berpengaruh baik, justru menurunkan *bulk density*. Hasil penelitian menunjukkan serat KKS memiliki berat jenis sebesar 1,42 g/cm³.

Pemeriksaan Daya Serap Air

Hasil pemeriksaan daya serap air benda uji kontrol dan dengan penambahan serat 1%, 2%, dan 3% berturut-turut adalah 4,57%, 4,50% dan 5,53%. Daya serap air terendah ada pada benda uji dengan penambahan 2% serat sebesar 4,50%.

Tabel 3 Hasil Pemeriksaan Daya Serap Air

Benda Uji	Berat Rata-rata		Daya Serap Air %
	Massa kering (g)	Massa Jenuh Air (g)	
BP-0	198	207	4,55
BP-1	197	206	4,57
BP-2	200	209	4,50
BP-3	199	210	5,53



Gambar 7 Hasil Daya Serap Air

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai Perilaku Bio-Panel dengan Perkuatan Serat Kayu Kelapa Sawit (KKS) dan *Crystalline Admixture* (CAs) Yang Dibebani Lentur sebagai berikut :

Penambahan serat KKS yang telah dilakukan sintesis melalui alkalisasi, proses membuat serat ini berperan dalam meningkatkan *yield stress*, kuat lentur dan kemampuan patah.

Hasil *Bulk density* meningkat hingga 1,06% dengan penambahan 2% serat KKS. Penambahan hingga 3% serat KKS tidak berpengaruh baik pada produk bio-panel.

Hasil nilai *flow* terus mengalami penurunan dengan penambahan serat KKS 1%, 2% dan 3% masing-masing sebesar 2,26%, 6,21% dan 22,03%. sedangkan pada Penambahan 3% serat KKS menaikkan *yield stress* sebesar 52,91%.

Hasil nilai daya serap air terendah ada pada

benda uji dengan penambahan 2% serat KKS sebesar 4,50%. sedangkan penambahan 3% serat KKS terlihat daya serap airnya mencapai 5,53%.

Kekuatan mekanis dengan Penambahan 2% serat mampu meningkatkan kuat lentur hingga 2 kali dari benda uji kontrol. Namun demikian dengan penambahan 3% serat terjadi penurunan 18,84% dari penambahan 2% serat KKS Sedangkan pada nilai kemampuan patah didapat masing-masing sebesar 0,758 MPa, 1,019 MPa, 1,509 MPa, 1,224 MPa untuk penambahan 0%, 1%, 2%, 3% serat KKS.

Saran

Pada studi ini disarankan serat KKS digunakan sebesar 2% dari berat matrix untuk mendapatkan kekuatan mekanis yang baik.

Serat KKS sangat potensial digunakan sebagai penguat pada dinding bangunan dalam bentuk bio-panel. Bio-panel berbasis serat KKS layak untuk dikembangkan pada industri konstruksi

DAFTAR PUSTAKA

- Alvee, A.R., Malinda, R., Akbar, A.M., Ashar, R.D., Rahmawati, C., Alomayri, T., Raza, A., and Shaikh, F.U.A., 2022. Experimental study of the mechanical properties and microstructure of geopolymer paste containing nano-silica from agricultural waste and crystalline admixtures. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e00792.
- Asmadi & Susi Haryani. (2017). Penambahan

- Paravin dari Limbah Sawit untuk Meningkatkan Sifat Fisik dan Mekanik dari Papan Partikel Board. *Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak*.
- Handayani, L., Aprilia, S., Rahmawati, C., Aulia, T.B., and Ludviq, P., 2022. Sodium Silicate from Rice Husk Ash and Their Effects as Geopolymer Cement. *Polymers*, 14 (14), 2920.
- Muliadi, Sofyan, Y. H. (2018). Pengaruh kuat lentur beton terhadap penambahan serat tandan kosong kelapa sawit. *Universitas Malikussaleh Indonesia*.
- Marsono, Sarah Fauziyyah Hanifa, F. A. (2021). Pembuatan dan Pengujian Panel Honeycomb Sandwich dengan Inti Berbentuk Gelombang Berbahan Komposit Serat Bambu,. *Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia*
- Nurun Nayiroh. (2013). Teknologi Material Komposit. *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*.
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., Aulia, T.B., and Ahmad, I., 2021. Preparation and characterization of cellulose nanocrystals from typha sp. as a reinforcing agent. *Journal of natural fibers*, 18, 1–14.
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., Aulia, T.B., Amin, A., Ahmad, J., and Isleem, H.F., 2022. Mechanical Properties and Fracture Parameters of Geopolymers based on Cellulose Nanocrystals from Typha sp. Fibers. *Case Studies in*

Construction Materials, e01498.